

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»
УДК 697.7

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Валерій ДЕШКО
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2020 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»

на тему: «Визначення енергетичних показників фотоелектричних систем для
підприємства ТОВ «Канівський механічний завод» на основі моделювання з
використанням програмного комплексу PV*SOL».

Виконав: студент VI курсу, групи ОТ – 391мп
(шифр групи)

Медведєв Віктор Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник _____ доцент, к.т.н. доцент Білоус І.Ю.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

Електротехнічна частина к.т.н., доцент Замулко А.І. _____

Стартап-проект к.т.н., доцент Шевчук Н.А. _____

Моделювання енергетичних процесів і систем к.т.н., доцент Суходуб І.О. _____

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І. _____

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Теплотехніки та енергозбереження
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Валерій ДЕШКО
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Медведєву Віктору Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Визначення енергетичних показників фотоелектричних систем для підприємства ТОВ «Канівський механічний завод» на основі моделювання з використанням програмного комплексу PV*SOL»,
науковий керівник дисертації Білоус Інна Юрьівна, к.т.н, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» 11 2020 р. № 3198-с

2. Термін подання студентом дисертації 07 грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження приміщення «Канівського механічного заводу»

4. Вихідні дані до магістерської дисертації геометричні та теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій будівлі, річне споживання енергоресурсів (теплова енергія – 156,63 Гкал, електроенергія – 116749 кВт·год,³), режим експлуатації, внутрішня температура (16, 18 °C)

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1) теплова та електрична частини: збір вихідних даних про будівлю, теплотехнічних та енергетичних показників

2) спеціальна частина: моделювання фотоелектричної системи за допомогою програмного комплексу PV*SOL»,

3) оцінювання роботи ФЕС, та її вплив на електропостачання заводу

4) розроблення стартап-проекту

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:
до пояснювальної записки додається презентація виконана в PowerPoint, 2 креслення формату A1

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електротехнічна частина	доцент Замулко А.І.		
Стартап-проект	доцент Шевчук Н.А.		
Моделювання енергетичних процесів і систем	доцент Суходуб І.О.		
Нормоконтроль	доцент Шкляр В.І.		

8. Дата видачі завдання 02.09. 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Загальні відомості про об'єкт дослідження	26.10. 2020 - 11.11. 2020	
2	Інжиніринг енергетичних систем	26.10. 2020 -07.12. 2020	
3	Науково-дослідний інжиніринг	26.10. 2020 - 07.12. 2020	
4	Енергоменеджмент та моніторинг	26.10. 2020 - 09.11. 2020	
5	Стартап-проект	02.11. 2020 - 07.12. 2020	
6	Нормативне оформлення магістерської дисертації	30.11.2020-07.12. 2020	
7	Попередній захист	07.12.2020-12.12.2020	

Студент

(підпис)

В.В. Медведєв
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

І.Ю. Білоус
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи. Магістерська дисертація на тему: «Визначення енергетичних показників фотоелектричних систем для підприємства ТОВ «Канівський механічний завод» на основі моделювання з використанням програмного комплексу PV*SOL», складається із вступу, 5 розділів, висновків, переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 99 сторінок основного тексту, в тому числі 38 рисунки, 35 таблиць, 13 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Актуальність теми. Стрімкий розвиток суспільства, науки та техніки, який спостерігається протягом останніх десятиліть, зумовив величезний попит на енергоресурси. На даному етапі розвитку енергетики, все більш значуще місце посідає відновлювана енергетика. Впровадження систем перетворення сонячної енергії в електричну, є одним з найперспективніших напрямків розвитку відновлювальної енергетики у нашому регіоні.

Метою магістерської дисертації є аналіз використання енергії сонця за допомогою програмних середовищ PV*SOL та T*SOL.

Відповідно до мети наукової роботи були поставлені такі завдання:

- встановлення базового рівня енергоспоживання заводу;
- побудувати 3D модель сонячної станції та сонячної геліоустановки на даху заводу за допомогою програмних середовищ PV*SOL та T*SOL;
- розрахувати вартість генерації електроенергії, згенерованої сонячною електростанцією, термін окупності інвестиційного проекту;

Об'єкт дослідження. Процес проектування сонячної електростанції (СЕС) на даху будівлі, розрахунок заходів з енергозбереження.

Предмет дослідження. Мережева сонячна станція та сонячна геліосистема на даху приміщення «Канівського механічного заводу»

Методи дослідження. Для досягнення поставленої в науковій роботі мети і сформованих відповідно до неї завдань були використані такі методи та

підходи: розрахунково-аналітичний та статистико-економічний методи, системний та комплексний підходи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні техніко-економічних доцільності встановлення дахової СЕС, що дає можливість підвищити ефективності енергозабезпечення об'єкта.

Апробація результатів роботи представлена на III Науково-технічна конф. магістрантів ІЕЕ пам'яті проф. В.М. Винославського (за результатами дисертаційних досліджень) та на Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції молодих учених та студентів «Електромеханічні та Інформаційні Системи»

Публікації. Радзівіл Б.І., Імітаційне моделювання енергії сонця для підвищення рівня енергетичної ефективності гуртожитку сімейного типу. III Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, м. Київ; дата проведення: 26–27 листопада 2020 року. Радзівіл Б.І., Білоус І.Ю. Визначення базового рівня енергоспоживання гуртожитку сімейного типу ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ УЧЕНИХ ТА СТУДЕНТІВ «ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ» (21 квітня 2020 р., м. Київ). Київ: КНУДТ, 2020. С. 52.

Програмне забезпечення. Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: PV*SOL2020, TSOL2018.

Ключові слова: ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, ГЕЛІОСИСТЕМА, СОНЯЧНІ КОЛЕКТОРИ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

ABSTRACT

Structure and scope of work. Master's dissertation on the topic: "Determination of energy performance of photovoltaic systems for the company LLC" Kaniv Mechanical Plant "based on modeling using the software package PV * SOL", consists of an introduction, 5 sections, conclusions, list of sources used. The total volume of the work is 99 pages of the main text, including 38 figures, 35 tables, 13 bibliographic names according to the list of references.

Actuality of theme. The rapid development of society, science and technology, which has been observed in recent decades, has led to a huge demand for energy resources. At this stage of energy development, renewable energy is becoming increasingly important. The introduction of solar energy conversion systems is one of the most promising areas for the development of renewable energy in our region.

The aim of the master's dissertation is to analyze the use of solar energy using software environments PV * SOL and T * SOL.

In accordance with the purpose of scientific work, the following tasks were set:

- establishment of the basic level of energy consumption of the plant;
- build a 3D model of a solar station and solar solar installation on the roof of the plant using software environments PV * SOL and T * SOL;
- calculate the cost of generating electricity generated by a solar power plant, the payback period of the investment project;

Object of study. The process of designing a solar power plant (SES) on the roof of the building, the calculation of energy saving measures.

Subject of study. Grid-connected solar station and solar solar system on the roof of the Kaniv Mechanical Plant

Research methods. To achieve the goal set in the scientific work and the tasks formed in accordance with it, the following methods and approaches were used: calculation-analytical and statistical-economic methods, systemic and complex approaches.

The scientific novelty of the obtained results lies in the substantiation of the technical and economic feasibility of installing a roof SES, which makes it possible to increase the energy efficiency of the facility.

The practical significance of the obtained results is that the installation and operation of roof SES in the energy supply structure of the local facility allows to reduce electricity consumption and CO₂ emissions into the atmosphere.

Approbation of the results of the work was presented at the All-Ukrainian scientific-practical Internet conference of young scientists and students "Electromechanical and information systems" and at the III Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates.

Publications. Radzivil B.I., Simulation modeling of solar energy to increase the level of energy efficiency of a family-type dormitory. III Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates, Kyiv; date: November 26-27, 2020. Radzivil B.I., Determination of the basic level of energy consumption of a family-type dormitory. All-Ukrainian scientific-practical Internet conference of young scientists and students "Electromechanical and information systems" Kyiv; date: April 21, 2020.

Software. The following software was used to perform calculations in section 3 of the master's dissertation: PVSOL2020, TSOL2018.

Keywords: RENEWABLE ENERGY SOURCES, SOLAR POWER PLANT, SOLAR PANELS, HELIOSYSTEM, SOLAR CO-LECTORS, SOFTWARE PROVIDED.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ	13
1.1 Загальний опис.....	13
1.2 Характеристика об’єкту дослідження	15
1.3 Фактичне споживання енергоносіїв.....	15
Висновки до розділу	20
2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ЗАВОДУ.....	21
2.1 Теплотехнічна частина.....	21
2.1.1 Опис системи теплопостачання	21
2.1.2 Розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції	21
2.1.3 Додаткові теплові надходження	29
2.1.4 Теплове навантаження будівлі	32
2.1.5 Можливі заходи з енергозбереження.....	33
2.2 Дослідження системи електропостачання.....	45
2.2.1 Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії.....	45
2.2.2 Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання.....	47
2.2.3 Шляхи підвищення ефективності використання енергоресурсів.....	53
2.2.4 Пропозиції з модернізації системи електропостачання об’єкту.....	55
Висновки до розділу	58
3 ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «КАНІВСЬКИЙ МЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД» НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ PV*SOL	
3.1 Огляд зовнішніх умов та вхідних параметрів для моделювання	60
3.2 Моделювання в програмному середовищі PV*SOL	61
3.2.1 Розрахунок вартості і окупності ФЕС.....	72
3.3 Моделювання системи ГВП з використанням сонячних колекторів,	

за допомогою програмного забезпечення T*SOL	73
Висновки до розділу	81
4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНИТОРИНГ	82
4.1 Загальні положення	82
4.2 Постановка завдання	83
4.3 Опис моделі системи енергетичного менеджменту.....	84
4.4 Організаційна структура служби	85
Висновки до розділу	85
5 СТАРТАП – ПРОЕКТ «ВИРОБНИЦТВО НА БАЗІ «КАНІВСЬКОГО МЕХАНІЧНОГО ЗАВОДУ» МАЛОГО ТРАКТОРА».....	86
4.1 Загальні положення	86
Висновки до розділу	96
ВИСНОВКИ.....	97
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	98

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ СКОРОЧЕННЯ

ЖКГ – Житлово-комунальне господарство

ДСТУ – Державний стандарт України

ДБН – Державні будівельні норми

ЕП – електроприлад;

ISO – International Organization for Standardization

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

КП – комп'ютерна програма

АСЕМ – автоматизована система енергомоніторингу

ФОП – фонд оплати праці

ТП – трансформаторна підстанція;

ГВП – гаряче водопостачання;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ЕМ – енергетичний менеджмент.

МНМА – малоцінні необоротні матеріальні активи

ОК – огорожувальні конструкції

ФЕЛ – фотоелектрична система

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси

ПОЗНАЧЕННЯ ТА СИМВОЛИ

CO_2 – вуглекислий газ

t_{co} - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період

$t_{\text{вн}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря

R – опір теплопередачі

Q – споживання теплової енергії/теплові втрати

t_{po} – розрахункова температура зовнішнього повітря

$T_{\text{ок}}$ – термін окупності

δ – товщина;

λ – коефіцієнт теплопровідності.

ВСТУП

У сучасному світі чим далі, тим все гостріше постає питання раціональності у використанні енергоресурсів. Виснаження викопних природних ресурсів та світова тенденція до збільшення енерговитрат, обумовлюють розвиток відновлювальної енергетики та покращення ефективності енергоспоживання. Економічне зростання сучасних країн (КНР, Індія, Бразилія, Південна Корея) є вкрай енерговитратним. Тому державна підтримка запровадження енергоощадних заходів та використання альтернативних відновлювальних джерел енергії, грає одну з ключових ролей у досягненні сучасного рівня енергоефективності як у промисловості, так і у громадських галузях.

Ще одним, не менш значущим аспектом розвитку зеленої енергетики є проблема забруднювання навколишнього середовища, пов'язана з традиційними виробництвом і використанням енергії.

Згідно із законодавством України енергозбереження – це діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів.

Першим кроком енергомодернізації на певному об'єкті, є енергетичний аудит. Енергетичний аудит є інструментом державної політики України в напрямку енергозбереження. Це комплексне обстеження підприємств, організацій і окремих виробництв, яке включає в себе: визначення споживання і вартості паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР); визначення потоків енергії; критичний аналіз потоків енергії; розробку енергозберігаючих заходів; оцінку енергозберігаючих заходів на основі діючих норм та нормативів і урахування міжнародного досвіду.

Результатом проведення енергетичного аудиту є звіт, який складається з двох частин. В першій частині наводиться аналіз стану підприємства з точки зору енергоспоживання. В другій частині пропонуються конкретні енергозберігаючі заходи з розрахунків капітальних вкладень, очікуваної економії та терміну окупності.

Третя частина включає в себе комп'ютерне моделювання систем сонячних панелей для виробництва електроенергії та сонячних колекторів для організації ГВП.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальний опис

Об'єктом магістерської дисертації є виробничо-адміністративне приміщення ТОВ «Канівський механічний завод», який знаходиться за адресою: м. Канів, вул. Енергетиків 165, (Рис 1.1, 1.2, 1.3)

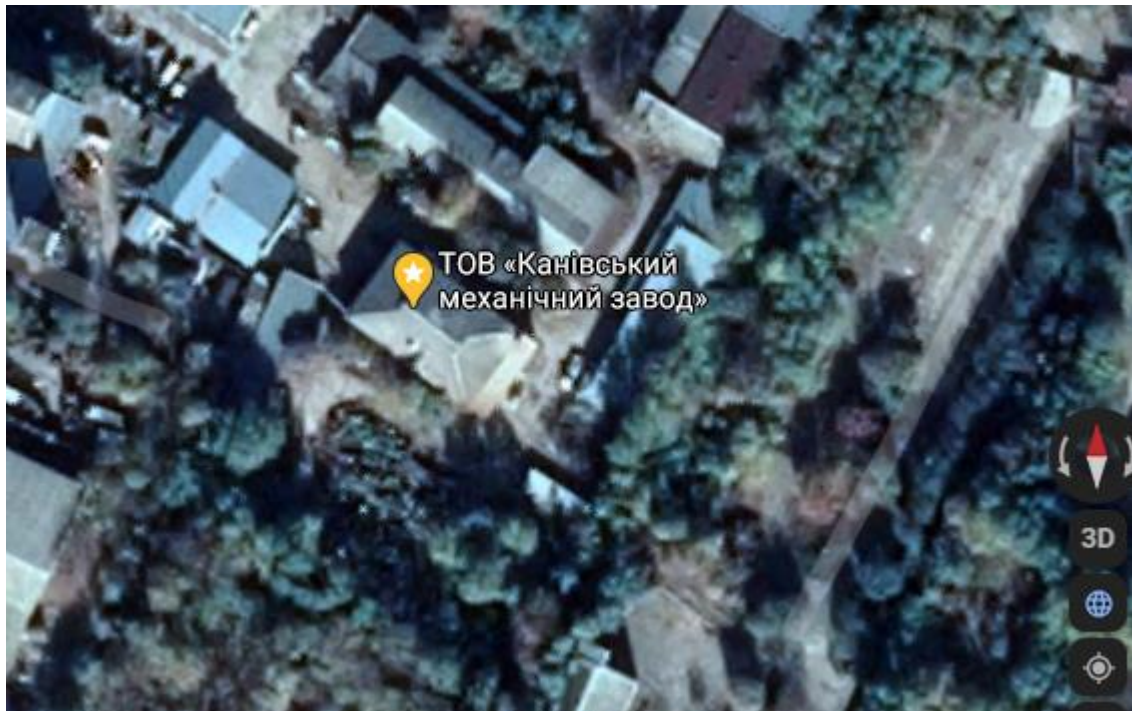


Рисунок 1.1 – Супутниковий знімок об'єкту

Кліматичні умови розміщення:

- Розрахункова температура – мінус 21 °С;
- Середня опалювальна температура – мінус 0,3 °С;
- Кількість опалювальних днів – 178 діб;
- Кліматична зона – І.



Рисунок 1.2 – Фасад споруди



Рисунок 1.3 – Вхід та головні ворота заводу

1.2 Характеристика об'єкту дослідження та призначення

У приміщенні знаходяться адміністративні кабінети, металообробний та шліфувальний цехи, господарчі кімнати, душові кабінети.

Будівля має прямокутну форму з пристроєною котельною, яка працює на дровах. Споруда збудована в 1981 році.

Туалет знаходиться на першому поверсі, та обладнаний трьома рукомийниками та двома унітазами. На даний момент на заводі працює 30 чоловік, 20 робітників та 10 чоловік адміністрації. Режим роботи заводу з понеділка по п'ятницю з 8:00 до 17:00.

1.3 Фактичне споживання енергоносіїв

Дані по спожитому теплу за 3 роки занесемо до таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Річне споживання теплової енергії

№	2017		2018		2019	
	Гкал	грн	Гкал	грн	Гкал	грн
січень	35,65	55690,83	38,11	52723,83	24,07	39928,60
лютий	33,58	52337,69	38,21	52865,62	25,68	42600,22
березень	18,29	28363,18	17,71	24508,58	19,18	31811,14
квітень	12,11	18773,55	6,95	9621,14	10,50	17414,11
травень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
червень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
липень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
серпень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
вересень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
жовтень	15,07	20847,27	5,56	7389,82	5,71	9472,11
листопад	24,13	33429,74	27,37	36353,80	30,00	49765,02
грудень	30,95	42882,57	29,28	38893,80	21,78	36139,75
Σ	169,77	252324,83	163,20	222356,58	136,91	227130,95

За 3 роки спожито 469,88 Гкал; середнє споживання теплоти складає: 156,63 Гкал на рік.

Побудуємо графік споживання теплової енергії за 3 роки (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Споживання теплової енергії

Тарифи на теплову енергію за 2017-2019 роки зведемо до таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Тарифи на теплову енергію за 2017-2019 роки

Місяць	Тариф, грн/Гкал		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	1562,1	1383,5	1658,98
Лютий	1558,8	1383,5	1658,98
Березень	1550,7	1383,5	1658,98
Квітень	1550,6	1383,5	1658,98
Травень	1378,7	1383,5	1658,98
Червень	1315,3	1383,5	1658,98
Липень	1325,4	1328,3	1658,98
Серпень	1338,2	1328,3	1658,98
Вересень	1337,8	1328,3	1658,98
Жовтень	1383,2	1328,3	1658,98
Листопад	1385,6	1328,3	1658,98

Грудень	1385,6	1328,3	1658,98
---------	--------	--------	---------

Діаграма по тарифам на теплову енергію за 3 роки приведена на Рисунку 1.5

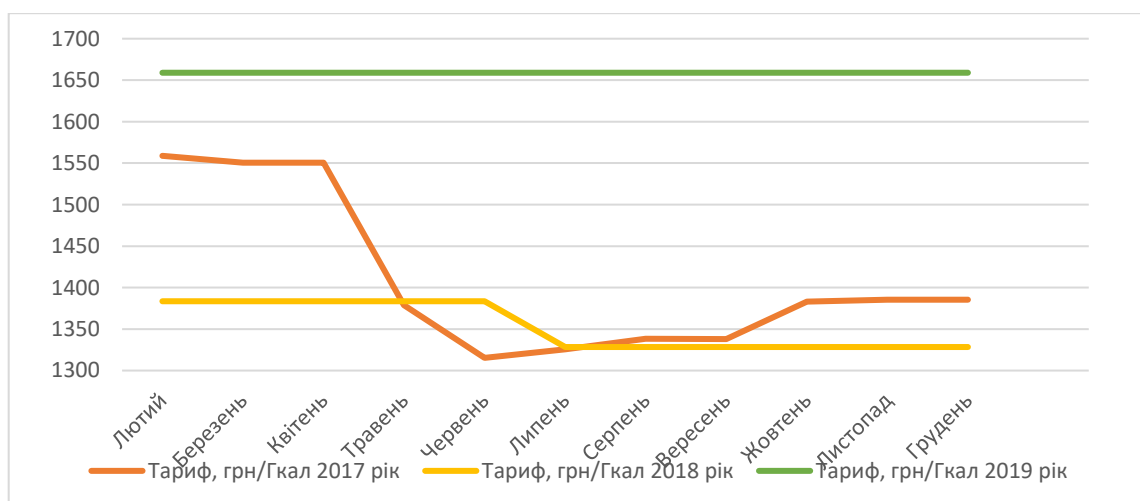


Рисунок 1.5 – Тарифи на теплову енергію по місяцям, грн/кВт·год

Джерелом водопостачання є водопровід з підключенням до центральної мережі водопостачання міста. В тариф на водопостачання також входить і водовідведення.

До таблиці 1.5 занесемо дані за 3 роки по спожитій воді.

Таблиця – 1.5 Річне споживання води

№	2017		2018		2019	
	м³	грн	м³	грн	м³	грн
січень	22,3	102,58	21,9	134,247	22,5	186,75
лютий	25	115	26,8	164,284	25,2	209,16
березень	25,9	119,14	27,1	166,123	26	215,8
квітень	26,8	123,28	26,1	159,993	27,3	226,59
травень	27	124,2	27,3	167,349	26,1	216,63
червень	26,4	121,44	29,1	221,16	25,3	209,99
липень	28,3	130,18	28,4	215,84	22,4	185,92
серпень	27,1	145,256	25,6	194,56	27	224,1
вересень	28,3	173,479	27	205,2	29,1	241,53
жовтень	26,5	162,445	27,2	206,72	27,4	227,42
листопад	24,3	148,959	25,4	193,04	26	215,8
грудень	25	153,25	22,3	169,48	25,8	214,14
Σ	312,9	1619,21	314,2	2198	310,1	2573,83

Графік по спожитій воді приведено на рисунку 1.8



Рисунок 1.8 – Споживання води за 3 роки

Вода використовується для особистої гігієни персоналу, та для охолодження певних металообробних процесів.

Тарифи на воду за 2017-2019 роки наведено у таблиці 1.6

Таблиця 1.6 – Тарифи на холодне водопостачання по місяцях, грн/м³.

№	2017	2018	2019
	тариф	тариф	тариф
січень	4,6	6,13	8,3
лютий	4,6	6,13	8,3
березень	4,6	6,13	8,3
квітень	4,6	6,13	8,3
травень	4,6	6,13	8,3
червень	4,6	7,6	8,3
липень	4,6	7,6	8,3
серпень	5,36	7,6	8,3
вересень	6,13	7,6	8,3
жовтень	6,13	7,6	8,3
листопад	6,13	7,6	8,3
грудень	6,13	7,6	8,3

Та діаграма з тарифами на водопостачання за 3 роки – рисунок 1.9

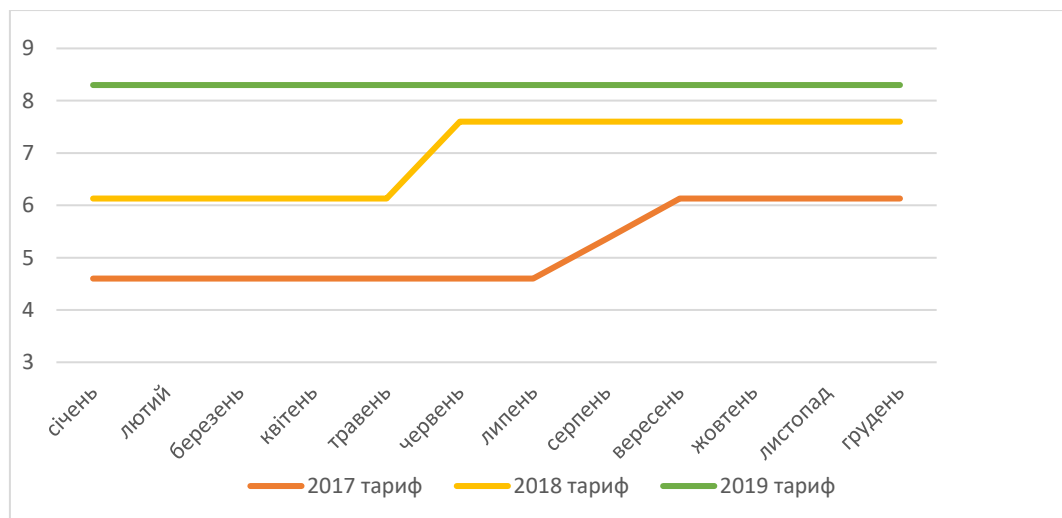


Рисунок 1.9 – Тарифи на холодне водопостачання по місяцях, грн/м³.

Порівняння грошових витрат заводу на енергоносії за трирічний період

Проаналізувавши отримані дані по споживанню теплової енергії, електроенергії та води, можна зробити висновок, що найбільші витрати йдуть майже у рівній мірі на тепло та електрику, тобто пріоритетним напрямком

роботи по підвищенню енергоефективності буде зменшення споживання енергії електроспоживачами та утеплення приміщення.

Витрати на споживання енергоресурсів у грошах за 3 роки – рисунок 1.10

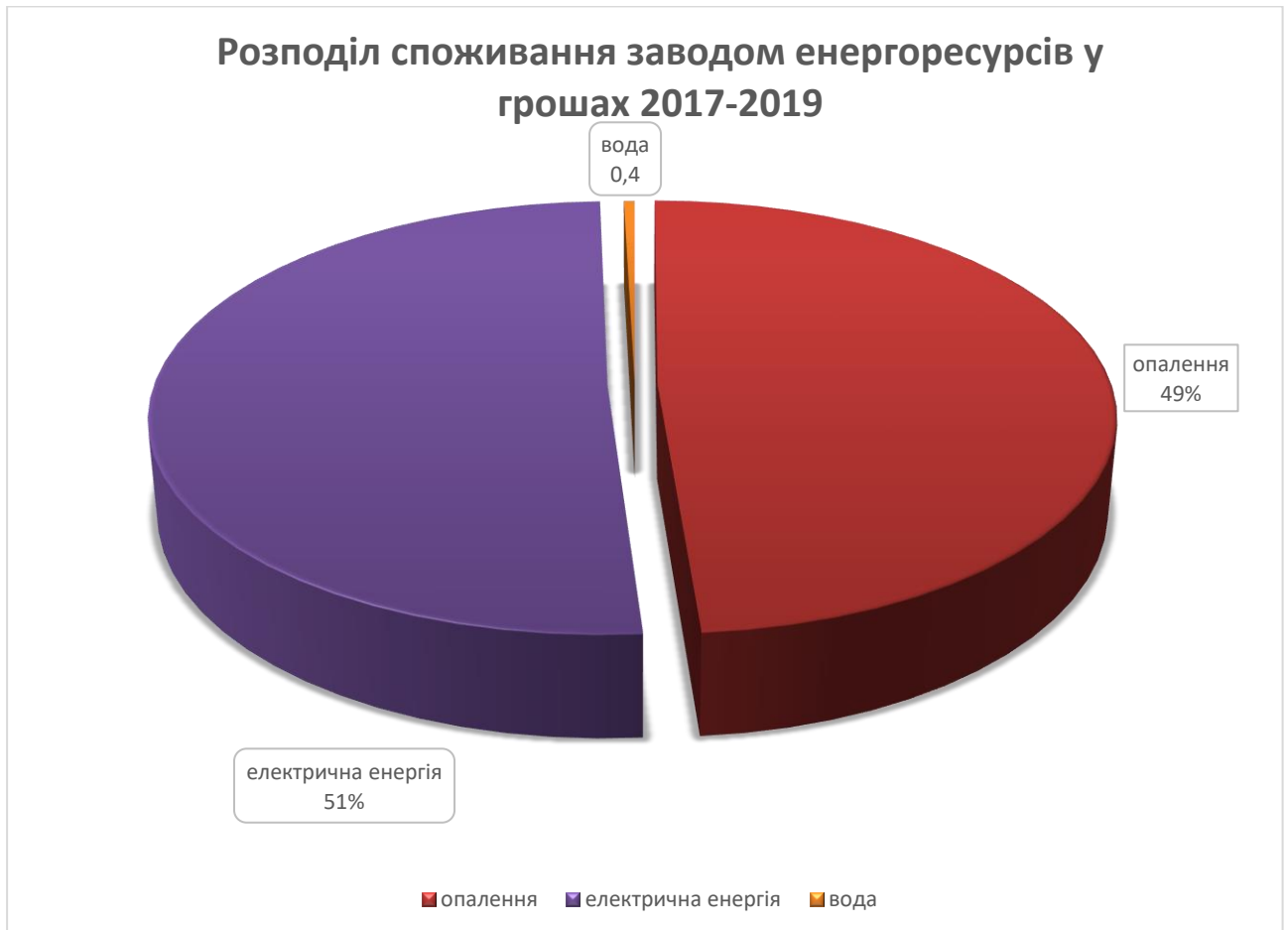


Рисунок 1.10 - Співвідношення витрат на спожиту заводом енергію за 3 роки

Висновок до розділу

Обстеження енергетичних систем заводу показало, на чому потрібно загострити увагу при модернізації та виявило, що затрати заводу на енергетичні ресурси, майже у рівній мірі розподіляються між затратами на опалення та затратами на електричну енергію.

2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ КОРПУСУ

2.1 Теплотехнічна частина

2.1.1 Опис системи теплопостачання

На даний момент теплопостачання здійснюється від власної котельної, працюючої на дровах. Опалювання розроблене для кліматичного району, з розрахунковою температурою зовнішнього повітря мінус 21°C , середня температура опалювального періоду $-0,3^{\circ}\text{C}$, внутрішня температура $+16^{\circ}\text{C}$ - для цеха, та $+18^{\circ}\text{C}$ - для адмін. частини будівлі. Опалювальний період триває 178 діб.

Схема підключення системи опалення залежна з можливістю погодного регулювання через потрійний клапан, за допомогою автоматичного керування як клапана, так і задвижок котла, по показникам п'ятьох температурних датчиків. Теплоносієм в системі опалювання є вода. Система опалення будівлі однотрубна з вертикальною нижньою розводкою і з примусовою циркуляцією. В якості місцевих нагрівальних приладів в цехах прийняті сталеві труби діаметром 100 мм., в адміністративних та господарчих кімнатах – блоки алюмінієвих радіаторів по 10 штук у блоці. Всі радіатори відкриті.

2.1.2 Розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції

Теплотехнічний розрахунок є детальним розрахунком втрат теплоти через зовнішні ОК (огорожувальні конструкції) з врахуванням втрат теплоти за рахунок інфільтрації.

Розрахунок базується на врахуванні теплоізоляційних властивостей матеріалів, з яких виконаний корпус, орієнтації відповідно до сторін світу, витрат теплоти на вентиляцію тощо.

Усі геометричні розміри, що використовуються у розрахунках, є фактичними та визначеними за допомогою вимірювань. Теплофізичні коефіцієнти взяті з довідкової літератури.

Втрати теплоти, кВт, через огорожувальні конструкції будівлі будемо визначати за формулою:

$$Q = F \cdot K \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}) \cdot (1 + \Sigma\beta) \cdot n, \quad (2.1)$$

де F – площа огорожувальних конструкцій, м^2 ;

K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$t_{\text{вн.}}$ – температура всередині приміщення, $t_{\text{вн.}} = 18^\circ\text{C}, 16^\circ\text{C}$

$t_{\text{р.о.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, приймається рівною температурі найхолоднішої п'ятиденки, $t_{\text{р.о.}} = -21^\circ\text{C}$ для першої температурної зони, в якій знаходиться Канів;

$\Sigma\beta$ – сумарні додаткові втрати теплоти в частках від основних тепловтрат [2];

n – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур, залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря.

Всі прийняті значення, коефіцієнти, проміжні результати та значення втрат теплоти через конкретні огорожувальні конструкції наведені в таблиці 2.1.

Зовнішні стіни

Порахуємо площі стін та вікон. Так як приміщення має виробничий цех та адміністративну частинну, площі вирахуємо окремо.

Умовно позначим стіни С1, С2, С3, С4. (Рисунок 3.1). Якщо стіна належить до цеху позначимо її літерою «ц», а якщо до адміністративної частини будівлі – літерою «а».

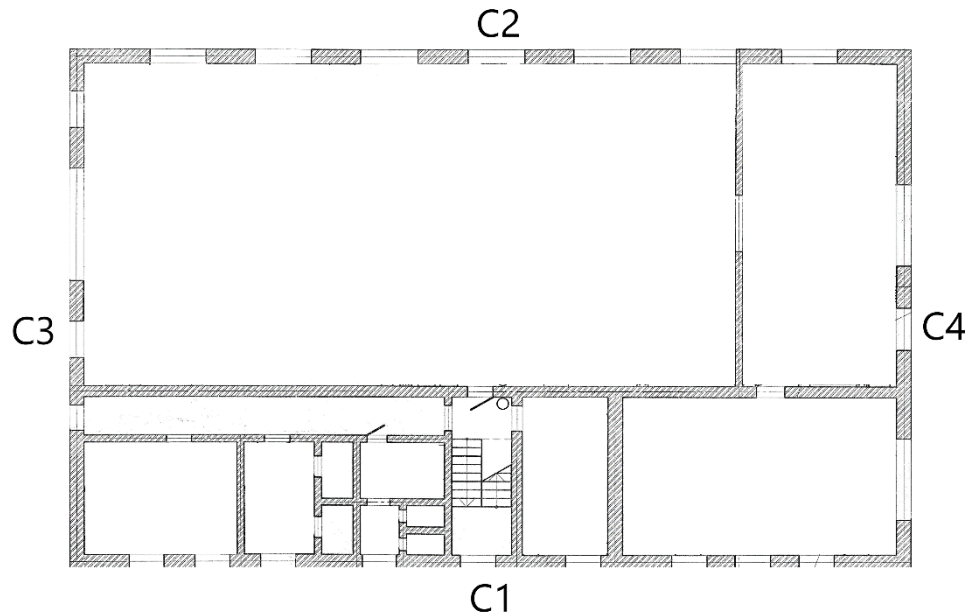


Рисунок 2.1 – Позначення стін об’єкту

Стіна С2 загороджує тільки цех. Тоді як решта –С1,С3 та С4 належать частково як до цеху, так і до адмін. частини.

Результати розрахунків втрат теплоти через зовнішні стіни занесемо до табл. 3.1.

Таблиця 2.1 -Дані по тепловтратам через стіни

	$F, \text{м}^2$	β	$Q, \text{кВт}$
Стіна 1 _а	103,31	0	6,62
Стіна 1 _ц	27,44	0	1,76
Стіна 2 _ц	129,54	0,1	8,66
Стіна 3 _а	29,09	0,1	2,05
Стіна 3 _ц	51	0,1	3,41
Стіна 4 _а	10,79	0,05	0,73
Стіна 4 _ц	69,14	0,05	4,41

Втрата тепла через стіни всієї споруди:

$$\begin{aligned} Q_{3.ст.} &= Q_{1a} + Q_{1ц} + Q_{2ц} + Q_{3a} + Q_{3ц} + Q_{4a} + Q_{4ц} = \\ &= 6,62 + 1,76 + 8,66 + 2,05 + 3,41 + 0,73 + 4,41 = 27,64 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Вікна

Всі вікна виконані з подвійним склінням у металопластикових склопакетах.

Опір теплопередачі вікон:

$$R_b = 0,34 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Знайдемо коефіцієнти теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, вікон за формулою:

$$K_b = \frac{1}{0,34} = 2,94 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}};$$

Дані занесемо до таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Дані по тепловтратам через вікна

	F, м ²	β	Q, кВт
Вікна 1 _а	27,3	0	3,13
Вікна 1 _ц	5,46	0	0,59
Вікна 2 _ц	46,2	0,1	5,53
Вікна 3 _ц	3,64	0,1	0,44
Вікна 4 _а	1,82	0,05	0,44
Вікна 4 _ц	3,64	0,05	0,21

Сумарні втрати через вікна:

$$Q_{\text{в}} = 3,13 + 0,59 + 5,53 + 0,44 + 0,21 + 0,44 = 10,34 \text{ кВт}$$

Втрати через двері, ворота

Двері

- 1 дерев'яні, ;
- 1 залізні, утеплені пінопластом, .

Ворота

- 3 залізних воріт, також утеплених пінопластом

Числові значення запишемо до таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Дані по тепловтратам через двері та ворота

	F, м ²	β	Q, кВт
Ворота ст.3	27,3	0,1	0,562
Двері дерв. ст.3	5,46	0,1	0,381
Двері зал. ст.3	46,2	0,1	0,0044
Ворота ст.4	3,64	0,05	0,603

Сумарна втрата теплоти через ворота та двері складе

$$Q_{\text{дв.,вор.}} = 0,562 + 0,381 + 0,044 + 0,603 = 1,59 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через дах

Опір теплопередачі, (м² · °С)/Вт, даху :

$$R_{\text{дах1}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{зб.1}}}{\lambda_{\text{зб.}}} + \frac{\delta_{\text{кер.}}}{\lambda_{\text{кер.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}}, \quad (2.2)$$

де $\delta_{\text{зб.}}$ – товщина залізобетонної плити, $\delta_{\text{зб.1}} = 0,2 \text{ м}$;

$\lambda_{\text{зб.}}$ – коефіцієнт теплопровідності залізобетону, $\lambda_{\text{зб.}} = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$;

Також присутній незначний шар утеплювача – керамзиту, товщиною 3 см.

$\delta_{\text{кер.}} = 0,03 \text{ м}$; $\lambda_{\text{кер.}} = 0,12 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$;

Коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$, даху:

$$K_{\text{дах}} = 1,83 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}.$$

Результати розрахунків занесемо до таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Дані по тепловтратам через дах

	F, м ²	Q, кВт
Дах цех	345,66	21,07
Дах адмін.	165,67	10,64

Сумарна втрата теплоти через дах складе:

$$Q_{\text{дах}} = Q_{\text{дах.ц}} + Q_{\text{дах.а}} = 31,71 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через підлогу

Так як підлога не утеплена на ґрунті, розділимо її на чотири зони для знаходження тепловтрат. Також ми маємо дві зони з різним значенням розрахункової внутрішньої температури: синім кольором на рисунку 3.5 позначена зона, де за внутрішню розрахункову температуру приймаємо 16°C, а жовтим 18°C.

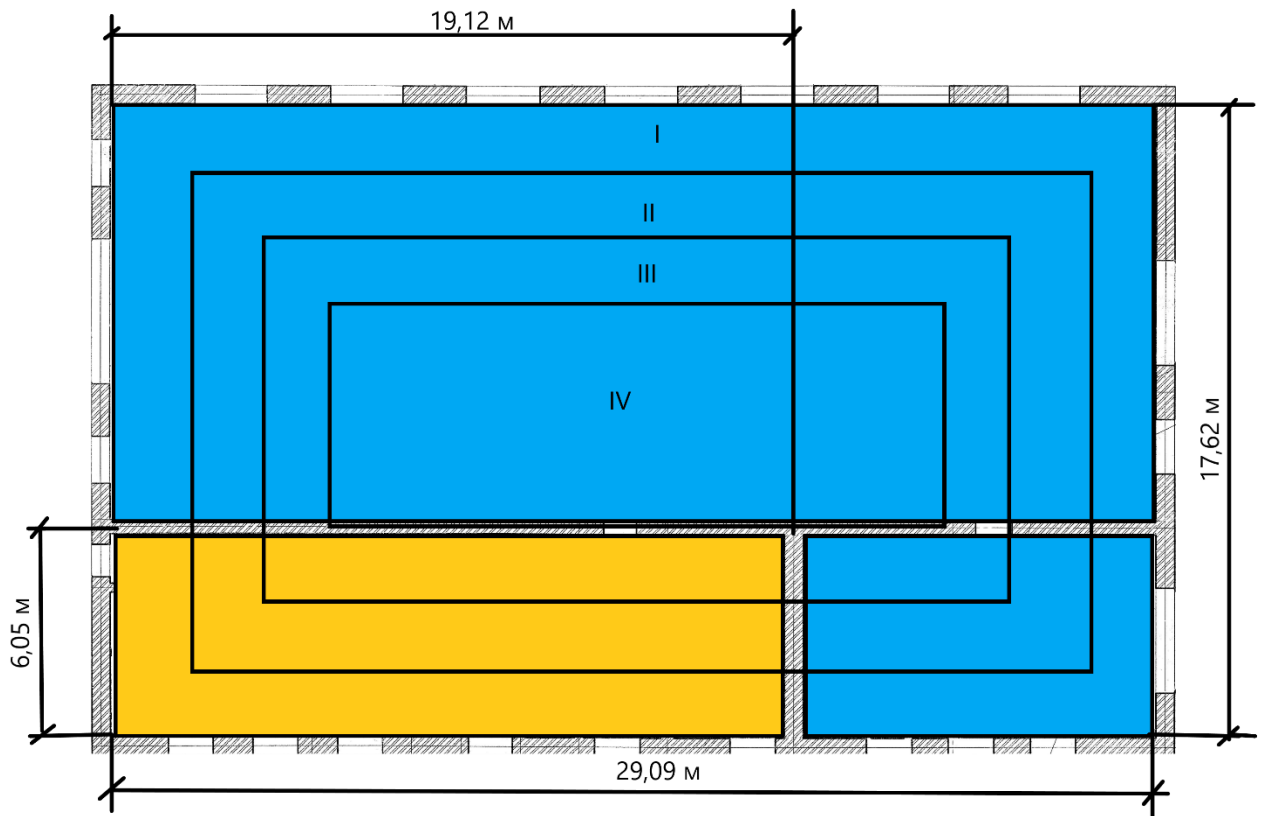


Рисунок 2.2 – Зони підлоги по тепловтратах

Дані по площі, та втратах тепла через підлогу занесемо до таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Дані для розрахунку тепловтрат по зонам

Підлога					
	FI	FII	FIІІ	FIV	Σ
Площа, $m^2 t_{вн.}=18^{\circ}C$	46,34	38,24	30,24	-	512,57
Площа, $m^2 t_{вн.}=16^{\circ}C$	140,5	100,6	76,6	96,05	
Опір	2,15	4,3	8,6	14,2	
Втрати, кВт	5, 19				на ґрунті

При розрахунку площ, частина площі першої зони (2×2 м), яка прилягає до кута зовнішніх стін, має підвищені тепловтрати і враховується двічі [2].

$$Q_{\text{Підл.а}} = \left(\frac{46,34}{2,15} + \frac{38,24}{4,3} + \frac{30,24}{8,6} \right) \cdot (18 - (-21)) = 1324,55 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\text{Підл.ц}} = \left(\frac{140,5}{2,15} + \frac{100,6}{4,3} + \frac{76,6}{8,6} + \frac{96,05}{14,2} \right) \cdot (16 - (-21)) = 3863,36 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\text{Підл.}} = 5,19 \text{ кВт}$$

Додаткові втрати теплоти

Витрата теплоти, Вт, на підігрів зовнішнього повітря, що поступає в приміщення крізь нещільності огорож внаслідок роботи природної витяжної вентиляції в кількості, згідно з санітарними нормами знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{інф.}}^{\text{сн}} = 0,337 \cdot V \cdot n (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}), \quad (3.5)$$

де V – вентиляований об'єм будівлі, $V_{\text{т18}} = 707,4 \text{ м}^3$, $V_{\text{т16}} = 2217,7 \text{ м}^3$,

n – кратність повітрообміну, $n = 1 \text{ год}^{-1}$

Підставимо значення в формулу:

$$Q_{\text{інф.18}}^{\text{сн}} = 0,337 \cdot 707,4 \cdot (18 - (-21)) = 9297,4 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{інф.16}}^{\text{сн}} = 0,337 \cdot 2217,7 \cdot (16 - (-21)) = 27652,5 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\text{інф.}}^{\text{сн}} = 36,95 \text{ кВт}$$

Результати по втратах теплоти зведемо до таблиці 2.6, та покажемо розподіл цих втрат у діаграмі на рисунку 2.3

Таблиця 2.6 – Тепловтрати

Тип	Втрати у приміщенні до модернізації Q,кВт	Втрати після запровадження заходівQ, кВт	Різниця між втратами до запровадження заходів, та після,ΔQ, кВт
Вікна	10,34	7,61	2,73
Двері, ворота	1,59	1,59	0
Підлога	5,19	5,19	0
Стіни	27,64	4,24	23,4
Дах	31,71	6,59	25,12
Інфільтрація	36,95	33,35	3,6
Σ	113,42	58,57	51,25

$$Q_{\text{втр}} = 10,34 + 1,59 + 5,19 + 27,64 + 31,71 + 36,95 = 113,42 \text{ кВт}$$

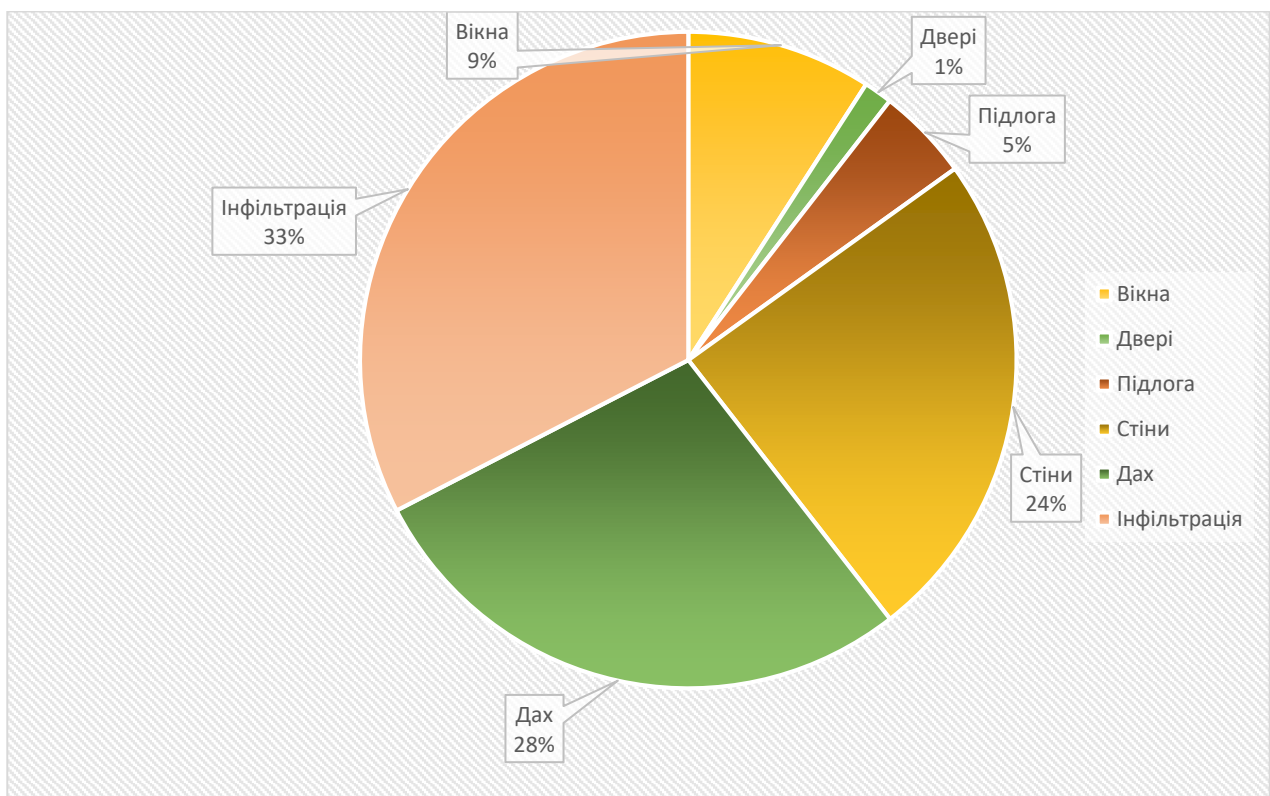


Рисунок 2.3 – Баланс тепловтрат будівлі, %.

2.1.3 Додаткові теплові надходження

Теплонадходження розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{надх}} = Q_{\text{люд}} + Q_{\text{ЕП}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{сон}}, \text{ Вт} \quad (2.3)$$

Де $Q_{\text{люд}}$ - тепло надходження від людей, Вт

$$Q_{\text{люд}} = q_{\text{люд}} P \quad (2.4)$$

$q_{\text{люд}}$ - питоме тепло надходження від людини, приймаємо 120 Вт.

P – кількість людей в приміщенні, 35 чоловік.

$$Q_{\text{люд}} = 35 \cdot 120 = 4,2 \text{ кВт}$$

$Q_{\text{ЕП}}$ - тепло надходження від працюючих електроприладів, Вт

$$Q_{\text{ЕП}} = N \cdot P \cdot K_T \cdot K_B \quad (2.5)$$

N – кількість електроприладів;

P - потужність, Вт;

K_T - коефіцієнт теплового перетворення, 0,1-1, (прийmemo в середньому 0,25);

K_B - коефіцієнт використання.

Лампи TLD 36 Вт – 80 шт.

Лампи TLD18 Вт – 88 шт.

Накалювання 60 Вт – 9 шт.

$$P_{\text{осв.}} = 5 \text{ кВт}$$

$Q_{\text{осв}}$ - теплонадходження від освітлення, Вт.

$Q_{\text{сон}}$ - тепло надходження від сонячної радіації, Вт

Теплота від сонячної радіації поступає в приміщення крізь світлові отвори зовнішніх огорож. Розрахуємо кількість цієї теплоти, кВт, за формулою:

$$Q_{sol} = \Sigma I_p F_{\phi} k_{np} k_{zm}, \quad (2.6)$$

де Q_{sol} - тепловий потік від сонця в зону кімнати, Вт;

F_{ϕ} - площа світлопрозорих елементів конструкцій, м², дані зведені в

k_{np} - коефіцієнт пропускання сонячної радіації, 0,45 – металопластикові вікна.

k_{zm} - коефіцієнт, що враховує наявність затіняючих елементів, $k_{zm} = 1$.

$I_{Пн-Сх}, I_{Пд-Сх}, I_{Пд-З}, I_{Пн-З}$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, що поступає на вертикальні поверхні, при дійсних умовах хмарності, відповідно орієнтовані за чотирма фасадами будинку.

Приймаємо для міста Канева:

$$I_{Пн-Сх} = 25,29 \text{ Вт/м}^2, I_{Пд-Сх} = 56,57 \text{ Вт/м}^2, I_{Пд-З} = 57,29 \text{ Вт/м}^2, \\ I_{Пн-З} = 25,14 \text{ Вт/м}^2;$$

I_p – середня величина сонячної радіації за опалювальний період на горизонтальну поверхню при дійсних умовах хмарності.

Підставимо відповідні значення у формулу:

$$Q_{с.р.} = (0,02529 \cdot 46,2 \cdot 0,45) + (0,05657 \cdot 0,65 \cdot 0,45) + \\ + (0,05729 \cdot 32,76 \cdot 0,45) + (0,02514 \cdot 3,64 \cdot 0,45) = \\ = 0,526 + 0,017 + 0,845 + 0,041 = 1,429 \text{ кВт}.$$

Значення по додатковим теплонадходженням занесемо до таблиці 2.7, а їх співвідношення покажемо у діаграмі на рисунку 2.4

Таблиця 2.7 – Додаткові теплонадходження

Теплонадходження	кВт
від людей	4,2
від електрообладнання	13,59
від світильників	2,5
від сонця	1,43

$$Q_{\text{над}} = 4,2 \text{ кВт} + 13,59 \text{ кВт} + 2,5 \text{ кВт} = 20,29 \text{ кВт}$$

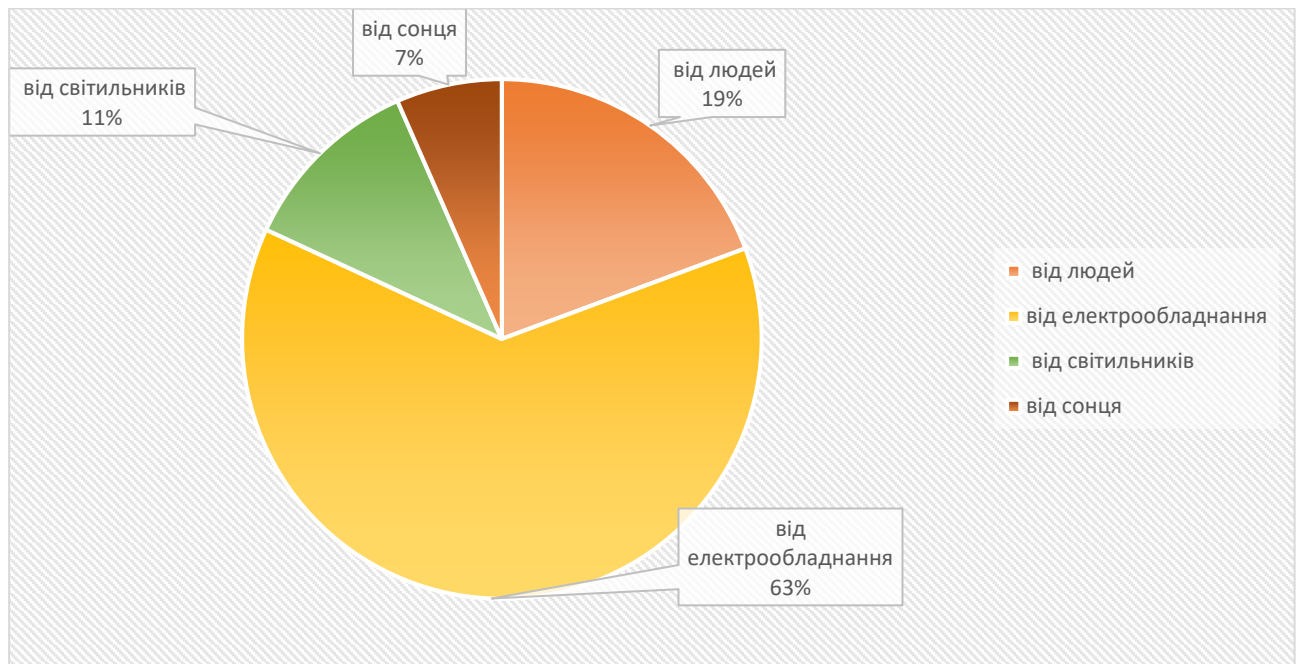


Рисунок 2.4 – Додаткові теплонадходження в будівлю, кВт

2.1.4 Теплове навантаження будівлі

Визначення теплового навантаження: визначається згідно методик [1,2] та складається з теплових втрат через будівлю, додаткових втрат та теплових надходжень від людей що працюють, сонячної радіації та електроприладів.

$$Q = Q_{\text{втр}} - Q_{\text{над}}, \text{ кВт}$$

де $Q_{\text{втр}}$ - основні втрати теплоти, що складаються з тепловтрат через огорожуючи конструкції та втрат на нагрівання інфільтраційного повітря Вт;

$Q_{\text{над}}$ - додаткові тепло надходження від людей, приладів, сонця, Вт.

Втрати через огорожуючи конструкції:

$$Q_{\text{втр}} = Q_{\text{огр}} = Q_{\text{огр}}^{\text{ст}} + Q_{\text{огр}}^{\text{вік}} + Q_{\text{огр}}^{\text{дв}} + Q_{\text{огр}}^{\text{дах}} + Q_{\text{огр}}^{\text{пд}} + Q_{\text{інф}}^{\text{сн}}$$

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{люд}} + Q_{\text{ЕП}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{с.р.}}$$

де: $Q_{\text{ОГР}}^{\text{СТ}}$, $Q_{\text{ОГР}}^{\text{ВІК}}$, $Q_{\text{ОГР}}^{\text{ДВ}}$, $Q_{\text{ОГР}}^{\text{ДАХ}}$, $Q_{\text{ОГР}}^{\text{ПД}}$ - відповідно теплові втрати крізь стіни, вікна, двері, стелю (дах) та підлогу.

Так як сонячне тепло надходження розраховані на середню величину сонячної радіації, потрібно перерахувати величину теплового навантаження на середні умови.

$$Q_{\text{max}} = 113,42 - 20,29 = 93,13 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{сер+сон}} = 93,13 \frac{18 - (-0,3)}{18 - (-21)} = 43,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{сер}} = 43,7 - 1,43 = 42,27 \text{ кВт}$$

Де $178 \cdot 24$ - кількість годин в опалювальному періоді;

$$1 \text{ Гкал} = 1163 \text{ кВт}.$$

Отже, теплове навантаження будівлі складає:

$$Q_{\text{річ}} = 178 \cdot 24 \cdot Q_{\text{сер}} = 178 \cdot 24 \cdot 42,27 = 180575,14 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$Q_{\text{річ}} = 180575,14 / 1163 = 155,27 \text{ Гкал}$$

2.1.5 Можливі заходи з енергозбереження

За попередніми розрахунками, можна зробити висновок, що основними напрямками підвищення ефективності використання електроенергії на об'єкті можна вважати пошук можливостей зменшення використання теплової енергії для опалення будівлі. Отже, основні можливості енергозбереження будуть направлені на утеплення будівлі для зменшення теплових втрат, що зменшить теплове навантаження.

Утеплення стін

Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому (вміст зв'язуючого за масою від 3,5% до 4,2 %) , та штукатурка. Щоб досягнути нормативного опору товщина повинна бути 150 мм. Лист 0,72 м²

Коштує 417 грн. На 423 м² знадобиться 590 листів

Тоді, після утеплення отримаємо:

$$R_{\text{з.ст.}} = 3,967 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$K_{\text{з.ст.}} = 0,252 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q_{\text{з.ст.}} = 4,24 \text{ кВт}$$

$$\Delta E = 23,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{сер+сон}} = 23,4 \cdot \frac{18 - (-0,3)}{18 - (-21)} = 10,98 \text{ кВт}$$

Після розрахунку економія складає – 39,64 Гкал. на рік

Тоді економія складе $E = 40,33 \cdot 1658,98 = 66910,61$ грн..

Ціна за 1 м² мінеральної вати приблизно – 580 грн, площа стін, що підлягають утепленню 423 м². На цю ж 1 м² необхідно 1 кг шпаклівки ціною 37 грн/кг та 2 кг штукатурки ціною – 60 грн/кг. Дюбеля з розрахунку 6 шт/ м² і по вуглах 7-8 шт. коштуватимуть – 13959 грн. Монтажна сітка – 7064 грн., враховуючи додаткову кількість сітки на стиках, беремо площу сітки 1,1 площі стіни. Роботу працівників враховуючи висотні роботи оцінюємо в 50% від вартості матеріалів.

Загальна площа стін – 422,33 м²,

тоді капіталовкладення складатимуть (таблиця 2.8)

Термін окупності буде $T = \frac{K}{E} = \frac{483464}{66910,61} = 7,23$ років.

Таблиця 2.8 –Вартість утеплення стін

Матеріал	Ціна, грн/м2	Загальна ціна, грн
Мінеральна вата	580	246030
Шпаклівка	37	15651
Штукатурка	120	50760
Дюбеля	33	13959
Монтажна сітка	16,7	7064
Монтажні роботи (вкл. висотні роботи)	354,19	150000
Капіталовкладення	1062,56	483464

Заміна однокамерних вікон адміністративної частини будівлі на двокамерні

Пропонується замінити старі вікна на нові енергозберігаючі склопакети 4і-10-4М1-10-4і фірми Wenster, які характеризується цілою низкою позитивних властивостей: простота догляду, шумоізоляція, теплоізоляція, дизайн.

Всі вікна адмін. частини будівлі загальною площею 495,7 м², замінимо на сучасні двокамерні склопакети з:

$$R_B = 0,93 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \cdot K_B = 1,075 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q_{\text{в1a}} = F_{\text{в1a}} \cdot K \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{п.о.}}) \cdot (1 + \Sigma\beta) = 27,3 \cdot 1,075 \cdot (18 - (-21)) \cdot (1 + 0) = 1,145 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{в1у}} = F_{\text{в1у}} \cdot K \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{п.о.}}) \cdot (1 + \Sigma\beta) = 5,46 \cdot 1,075 \cdot (16 - (-21)) \cdot (1 + 0) = 0,217 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{в1}} = Q_{\text{в1a}} + Q_{\text{в1у}} = 1,362 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{в4a}} = F_{\text{в4a}} \cdot K \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{п.о.}}) \cdot (1 + \Sigma\beta) = 3,64 \cdot 1,075 \cdot (18 - (-21)) \cdot (1 + 0,05) = 0,152 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{в4у}} = F_{\text{в4у}} \cdot K \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{п.о.}}) \cdot (1 + \Sigma\beta) = 1,82 \cdot 1,075 \cdot (16 - (-21)) \cdot (1 + 0,05) = 0,076 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{в4}} = Q_{\text{в4a}} + Q_{\text{в4у}} = 0,228 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{в}} = 1,36 + 5,53 + 0,44 + 0,28 = 7,61 \text{ кВт}$$

Тепловтрати після заміни вікон складуть 7,71 кВт.

Визначимо економію за рахунок заміни вікон: $\Delta Q = 2,73 \text{ кВт}$.

$$Q_{\text{сервік}} = 2,73 \cdot \frac{18 - (-0,3)}{18 - (-21)} = 1,281 \text{ кВт}$$

$$E = Q_{\text{сервік}}$$

Для розрахунку економії переведемо кВт год в Гкал.

$$E = 4,705 \text{ Гкал}$$

Дійсний тариф за 1 Гкал теплової енергії 1658,98 грн/Гкал.

В грошових одиницях економія складе: $E = 4,705 \cdot 1658,98 = 7806,24 \text{ грн}$

Вартість 1 м^2 складе 1020 грн, 50% від вартості приймаємо на монтаж та демонтаж старих вікон. Тоді капіталовкладення складуть:

$$K = 1020 \cdot 36,4 + (1020 \cdot 36,4) \cdot 0,5 = 55692 \text{ грн}$$

$$\text{Тоді термін окупності буде: } T = \frac{K}{E} = \frac{55692}{7806,24} = 7,1 \text{ роки.}$$

Утеплення даху

Тепловтрати через дах посідають 2-ге місце серед всіх тепловтрат (28%). Тому варто утеплити дах. Мінімально допустимий опір за [12] для розглянутого типу даху становить – $4,95, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Утеплювати пропонується керамзитом товщиною шару – 25 см. Ми вже маємо шар керамзиту товщиною 3 см. Товщина шару керамзиту прямо залежить від міцності конструкції, кліматичних умов та мінімально допустимого опору теплопередачі. Даний матеріал має високі теплоізоляційні властивості, пожежобезпечний, має звукоізоляційні якості та відносно невисоку вартість – 65 грн/ $0,05 \text{ м}^3$. Насипати утеплювач варто обережно, щоб уникнути пошкоджень керамзитових гранул.

Площа даху, яка підлягає утепленню – $511,33\text{ м}^2$, дані матеріалів у таблицю 2.9

Таблиця 2.9 – Характеристики шарів даху

Шар	Товщина $\delta, \text{ м}$	$\lambda,$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$	Термічний опір, $\frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	$\alpha_{\text{вн}},$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$	$\alpha_{\text{зв}},$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$	$K,$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$	Темпе- ратура, $^\circ\text{C}$
Залізобетонна плита	0,2	2,04	0,108	8,7	23	0,203	40
Керамзит	0,28	0,12	2,727				

Сумарний термічний опір даху розраховується за формулою:

$$R_{\text{дх. ут.}} = \frac{1}{\alpha_{\text{зв}}} + \frac{\delta_{\text{бп}}}{\lambda_{\text{бп}}} + \frac{\delta_{\text{кер}}}{\lambda_{\text{кер}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}},$$

де $\delta_{\text{бп}}$ - товщина залізобетонної плити, $\delta_{\text{бп}} = 0,2\text{м}$;

$\lambda_{\text{бп}}$ - теплопровідність залізобетонної плити, $\lambda_{\text{бп}} = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

$\delta_{\text{кер}}$ - товщина шару керамзиту, $\delta_{\text{кер}} = 0,28\text{м}$;

$\lambda_{\text{кер}}$ - теплопровідність керамзиту, $\lambda_{\text{кер}} = 0,12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

$\alpha_{\text{зв}}$ - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі,

$\alpha_{\text{зв}} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

$\alpha_{\text{вн}}$ - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі,

$\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Характеристики всіх шарів даху зведені в таблиці 2.16.

Виконаємо підстановку в формулу (2.2):

$$\begin{aligned} R_{\text{дх. ут.}} &= \frac{1}{12} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,28}{0,12} + \frac{1}{8,7} = \\ &= 2,63 (\text{м}^2\text{°C})/\text{Вт}. \end{aligned}$$

Коефіцієнт теплопередачі розраховується наступним чином, формула (2.3):

$$K = 0,38 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Розрахуємо тепловтрати після утеплення:

$$Q_{\text{дах.ц}} = K_{\text{дах}} \cdot F_{\text{дах.ц}} \cdot \Delta t_1 \cdot 0,9 = 0,38 \cdot 345,66 \cdot (16 - (-21)) \cdot 0,9 = 4,38 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{дах.а}} = K_{\text{дах}} \cdot F_{\text{дах.а}} \cdot \Delta t_2 \cdot 0,9 = 0,38 \cdot 165,67 \cdot (18 - (-21)) \cdot 0,9 = 2,21 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{дах}} = Q_{\text{дах.ц}} + Q_{\text{дах.а}} = 6,59 \text{ кВт}$$

Різниця між втратами складає:

$$\Delta Q = 25,12 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{сер.дах}} = 25,12 \cdot \frac{18 - (-0,3)}{18 - (-21)} = 11,787 \text{ кВт}$$

$$E = Q_{\text{сер.дах}}$$

Для розрахунку економії переведемо кВт год в Гкал.

$$E = 43,149 \text{ Гкал}$$

Економія на рік складе:

$$E = 1658,98 \cdot 43,149 = 71588,63 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.10 – Вартість матеріалів для утеплення даху

Матеріал	Ціна, грн/м ² (з роботою)	Загальна ціна, грн
1	2	3
Керамзит	420,00	214758,6

$$\text{Тоді термін окупності становитиме: } T = \frac{K}{E} = \frac{214758,6}{71588,63} = 3 \text{ роки.}$$

Встановлення промислової теплової завіси на головні ворота цеху.

Під час опалювального сезону певні тепловтрати отримуємо через головні ворота цеху, які регулярно відкриваються, для завезення сировини для виробництва, або для вивозу готової продукції.

Ці втрати можна значно скоротити, установивши промислову повітряну завісу. Теплова завіса є повітряно-нагрівальним пристроєм, який призначений, головним чином, для забезпечення нормованої температури повітря в робочій зоні приміщення в районі дверей або технологічних прорізів. Завіси, звичайно, встановлюються над дверима й створюють потік повітря, спрямований униз.

Правильно підібрана завіса дозволяє навіть узимку тримати ворота постійно відкриті й при цьому підтримувати усередині приміщення комфортну температуру без додаткових енерговитрат. Завіса може бути корисна й влітку – повітряний струмінь допомагає утримувати прохолодне повітря, захищає від попадання пилу й комах.

Проведемо розрахунок за відсутності завіси.

Розрахуємо масову витрату зовнішнього повітря:

$$G_{\text{вп}} = A + (\alpha + K \cdot v) \cdot F, \quad (3.16),$$

де A і α – витрати повітря, що визначаються залежно від розрахункової температури t_3 зовнішнього повітря для проектування опалювання і беруться з таблиці. Для $t_3 = -21^\circ\text{C}$ та воріт розміром 4х4м.:

$$\alpha = 1,42 \text{ кг/с}$$

$$A = 15,26 \text{ кг/с}$$

K – умовний коефіцієнт, для дверей розміром 4х4 $K=0,2$;

v – швидкість вітру, м/с; для Канева $v = 4,3 \text{ м/с}$

F – відношення площі щілини для подачі повітря до площі дверей,

$$F = \frac{4 \cdot 4}{30}$$

$$G_{\text{вр}} = 15,26 + (1,42 + 0,2 \cdot 4,3) \cdot \frac{4 \cdot 4}{30} = 16,48 \text{ кг/с.}$$

Об'ємна витрата повітря, що уривається через ворота при відсутності завіси:

$$L_{\text{вр}} = B \cdot H \cdot \left(0,333 \cdot K_q \cdot \left(g \cdot H \cdot \frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^{0,5} + 0,25 \cdot \frac{v}{2} \right), \quad (3.17)$$

Де: B – ширина дверей;

H – висота дверей;

K_q – коефіцієнт витрати; для незахищених воріт 0,8 – 1,0

$\rho(+16) = 1,213 \text{ кг/м}^3$;

$\rho(-0,3) = 1,248 \text{ кг/м}^3$;

$$\Delta \rho = 1,248 - 1,213 = 0,035 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{ср}} = 1,231 \text{ кг/м}^3; v = 4,3 \text{ м/с}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{вр}} &= 4 \cdot 4 \cdot \left(0,333 \cdot 1 \cdot \left(9,81 \cdot 4 \cdot \frac{0,035}{1,231} \right)^{0,5} + 0,25 \cdot \frac{4,3}{2} \right) = 14,228 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \\ &= 51219,85 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}. \end{aligned}$$

Теплова потужність, необхідна для нагріву повітря, що уривається крізь двері, без завіси:

$$Q = G_{\text{вр}} \cdot c_p \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), \quad (3.18)$$

дес_p – теплоємність повітря, $c_p = 1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$$Q = 16,48 \cdot 1 \cdot (16 - (-0,3)) = 268,62 \text{ кВт.}$$

Витрата теплоти за час, коли двері відкрито, без діючої завіси:

$$Q_n = G_{\text{вр}} \cdot c_p \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{зовн}}) \cdot n \cdot k,$$

дек– коефіцієнт, що враховує фактичний час відкриття воріт на протязі години, $k=3/60=0,05$; n – тривалість опалюваного періоду для міста Канева в год.,

$$n=178 \cdot 8=1424 \text{ год}; Q_n = 16,48 \cdot 1 \cdot (16 - (-0,3)) \cdot 0,05 \cdot 1424 = 18809,22 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 19,1 \text{ МВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахунок при діючій завісі.

Витрата повітря, що вривається в приміщення:

$$Q_{\text{вр}}^3 = Kq \cdot G_{\text{вр}};$$
$$Q_{\text{вр}}^3 = 0,8 \cdot 16,48 = 13,2 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Витрата повітря, що створюється завісою:

$$G_3 = 0,2 \cdot 16,48 = 3,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Середня температура повітря ,що проникає в приміщення при дії завіси:

$$t_{\text{ср}} = \frac{G_{\text{вр}}^3 \cdot t_{\text{ср}} + G_3 \cdot t_3}{G_{\text{вр}}^3 + G_3}$$
$$t_{\text{ср}} = \frac{13,2 \cdot (-0,3) + 3,3 \cdot 16}{13,2 + 3,3} = 3 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Необхідна теплова потужність для нагрівання повітря, що вривається крізь двері, при працюючій завісі:

$$Q_3 = G_{\text{вр}}^3 \cdot c_p \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{ср}}) \cdot n \cdot k;$$
$$Q_3 = 13,2 \cdot 1 \cdot (16 - 3) \cdot 1424 \cdot 0,05 = 12217,92 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Порахуємо споживання електричних двигунів.

Для наших умов підберемо дві завіси фірми «Тепломаш» КЭВ-100П4060W, кожна довжиною 2,025 м. сумарна паспортна потужність двигунів обох завіс становитиме 1,6 кВт. Прийmemo коефіцієнт ефективності $K_e = 0,6$ та вирахуємо річне споживання електроенергії

$$Q_{\text{дв}} = 1,6 \cdot 0,6 \cdot 0,05 \cdot 8 \cdot 178 = 68,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Зниження споживання теплової енергії на рік:

$$\Delta Q = 18809,22 - 12217,92 = 6591,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 5,7 \text{ Гкал}$$

Для оцінки рівня економії візьmemo дані втрат на інфільтрацію, пораховані до втілення заходу,

$$Q_{\text{інф.18}}^{\text{сн}} = 9297,4 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{інф.16}}^{\text{сн}} = 27652,5 \text{ Вт}$$

Та приведемо їх до середньої зовнішньої температури опалювального сезону

$$Q_{\text{інф16}} = 27,7 \frac{16 - (-0,3)}{16 - (-21)} = 12,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{інф18}} = 9,3 \frac{18 - (-0,3)}{18 - (-21)} = 4,4 \text{ кВт}$$

За рік втрати складуть:

$$Q_{\text{інф}} = (12,2 + 4,4) \cdot 24 \cdot 178 = 70915,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta Q_{\text{інф}} = 70915,2 - 6591,3 = 64323,9 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Заощадження порахуємо у %:

$$\Delta = \frac{70915,2 - 64323,9}{70915,2} \cdot 100\% = 9,295\%$$

Розрахуємо простий термін окупності:

Капіталовкладення на придбання та введення в експлуатацію обладнання:

Одна завіса цієї моделі коштує 28300 гривень, монтаж обох завіс коштує ще 6000 гривень. Розрахуємо собівартість заходу

$$K = 28300 \cdot 2 + 6000 = 62600 \text{ грн.}$$

Грошова економія:

$$E = 1659 \cdot 5,7 = 9456 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{E} = \frac{62600}{9456} = 6,6 \text{ років}.$$

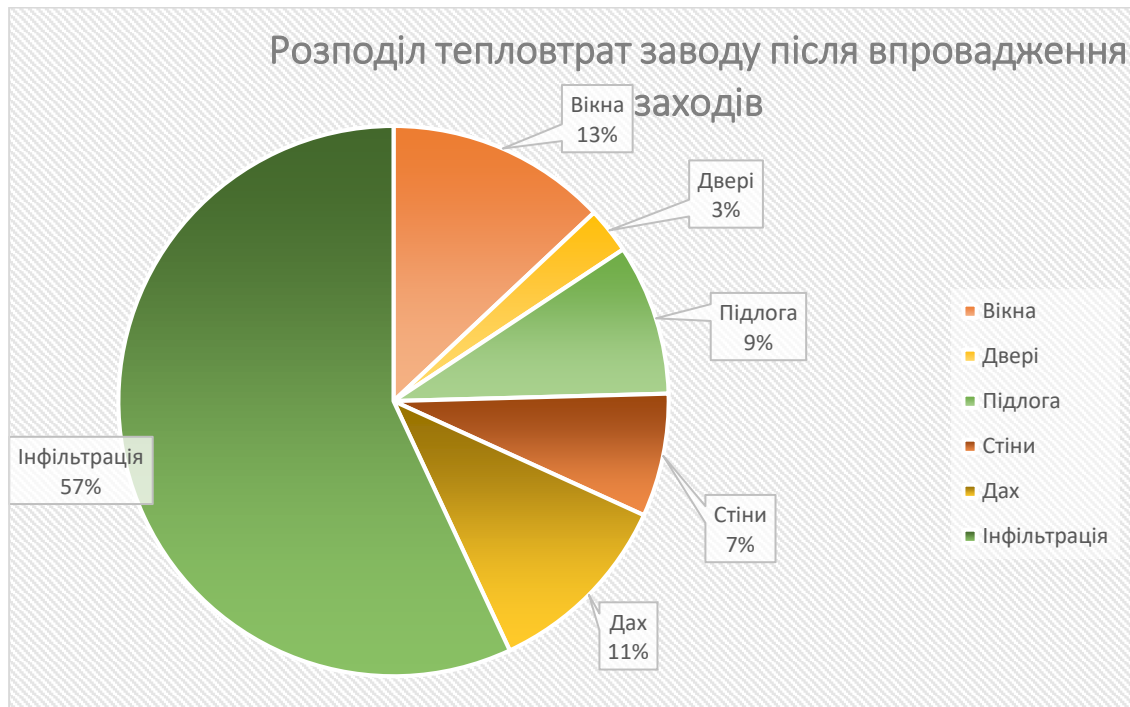


Рисунок 2.5 – Тепловтрати заводу після впровадження заходів

$$Q_{\max} = 58,57 - 20,29 = 38,28 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{сер+сон}} = 38,28 \frac{18 - (-0,3)}{18 - (-21)} = 17,96 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{сер}} = 17,96 - 1,43 = 16,53 \text{ кВт}$$

Де $178 \cdot 24$ - кількість годин в опалювальному періоді;

$$1 \text{ Гкал} = 1163 \text{ кВт}.$$

Отже, теплове навантаження будівлі складає:

$$Q_{\text{річ}} = 178 \cdot 24 \cdot Q_{\text{сер}} = 178 \cdot 24 \cdot 16,53 = 70625,36 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$Q_{\text{річ}} = 220349,76 / 1163 = 70,72 \text{ Гкал}$$

$$\Delta = \frac{113,42 - 58,57}{113,42} \cdot 100\% = 48,36\%$$

2.2 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.2.1 Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії

Об'єктом магістерської дисертації є виробничо-адміністративне приміщення ТОВ «Канівський механічний завод», який знаходиться за адресою: м. Канів, вул. Енергетиків 165.

Електропостачання об'єкту здійснюється по двом підземним лініям з двох трансформаторних підстанцій (ТП-3 та ТП-591) через кабелі, перерізом $4 \times 95 \text{ мм}^2$ кожен. На кожній з підстанцій встановлено по лічильнику NIK 2303L АПЗ 1000 ME (знаходиться на балансі заводу). Завод працює від однієї з ліній, інша є резервною.

Аналіз ринку електричної енергії України

Постачальником електроенергії на даний момент (грудень 2020 року) є ПАТ «Черкасиобленерго». Керівництвом заводу велися перемовини з компанією «Ясно» (Товариство з обмеженою відповідальністю «Київські енергетичні послуги»), стосовно співпраці. Однак після підрахунків, різниця на одному кіловаті електроенергії склала приблизно три копійки, не на користь останньої компанії. Тому постачальника не було змінено.

Чітку тарифну сітку зараз вирахувати досить складно. Тариф для подібних підприємств формується оператором у індивідуальному порядку і залежить не тільки від ринкової вартості закупівлі електричної енергії і тарифів оператора, а й від дотримання споживачем договорених об'ємів закупівель.

Таблиця 2.11 – Річне споживання електричної енергії

№	2017		2018		2019	
	кВт·год	грн	кВт·год	грн	кВт·год	грн
січень	8500	16235	9180	18451,8	8460	18215,9
лютий	9150	17476,5	9300	18693	8820	19008,9
березень	9490	18125,9	9640	19087,2	8750	18845,2
квітень	10200	19482	10040	19276,8	9840	22531,1
травень	10120	20442,4	10640	20641,6	10290	23561,5
червень	8360	19796	9930	19562,1	10470	23973,6
липень	9320	20848,8	9490	18505,5	9210	21068,2
серпень	8850	19116	9120	17875,2	10220	20542,1
вересень	9630	20800,8	9110	18502,4	9710	22212
жовтень	9980	23552,8	10350	19995,5	10099	22933,6
листопад	10450	24662	10230	20050,8	10700	24298,4
грудень	10680	25204,8	10260	20314,8	10180	23117,6
Σ	114730	245743	117290	230957	116749	260308

За значеннями з таблиці 2.11 побудуємо графік (рисунок 2.6)

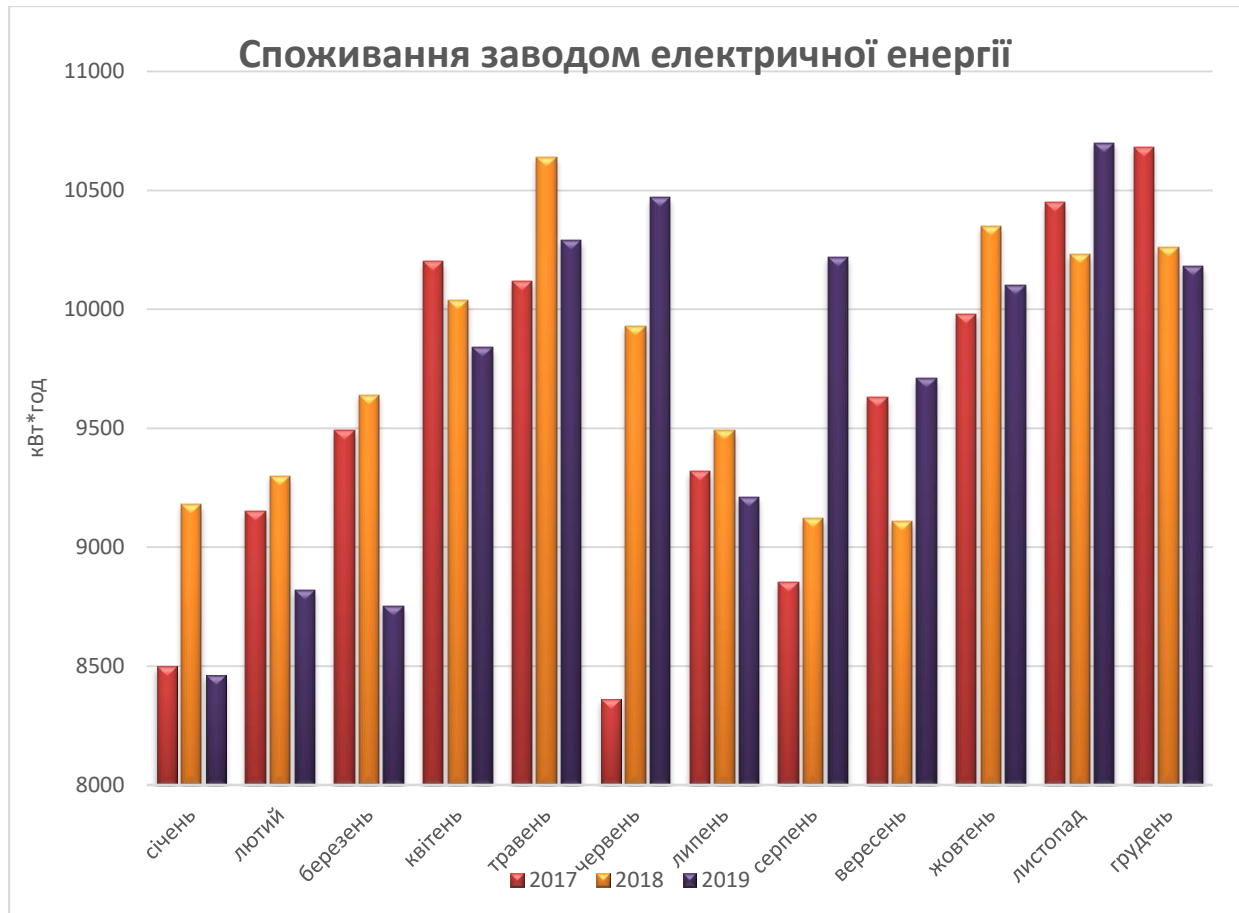


Рисунок 2.6 – Споживання електричної енергії

2.2.2 Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання

Споживання електричної енергії заводом є відносно рівномірним у продовж всього року. Значних коливань не спостерігається і у продовж робочої зміни.

Дві підземні лінії заведені до головного розподільчого щита (ГРЩ) (схема на рисунку 2.7) всередині головного цеху заводу. Там встановлено ручний перемикач, за допомогою якого, здійснюється перемикання ліній живлення. З ГРЩ в трубі під підлогою проведена лінія, живляча верстати, та у стіні йде лінія до другого та третього розподільчого щита (ЩР1, ЩР2), які живлять адміністративну частину будівлі.

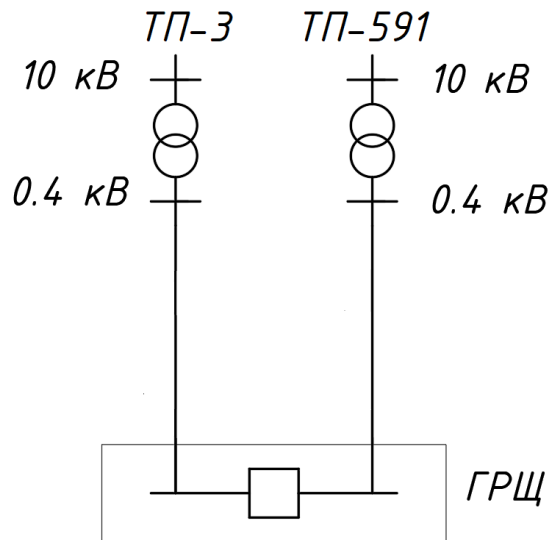


Рисунок 2.7 – Загальна схема електропостачання заводу

Характеристики основних споживачів електричної енергії

Основними споживачами електричної на заводі є такі групи пристроїв:

- верстати;
- освітлення;
- офісна техніка;
- побутові прилади;

Споживання електричної енергії відносно рівномірне,

Найбільшу долю в електроспоживанні об'єкту займає живлення верстатів.

Освітлення:

Кількість світлових точок – 71 шт.

Лампи TLD 36 Вт – 80 шт.

Лампи TLD 18 Вт – 88 шт.

Лампи розжарювання 60 Вт – 9 шт.

Також в будівлі використовується офісна техніка:

- 10 комп'ютерів, потужністю 0,5 кВт;
- 5 принтера, по 0,25 кВт;
- Один бойлер потужністю 3 кВт
- Обладнання котельні – 0,8 кВт

Розрахунок електричного навантаження

2.12 – Таблиця з даними по споживанню електричної енергії заводом

	Верстат	Кіль к. шт.	Потужн кВт	Час робот.	Коеф. викор.	А,спож. кВт год на день	Викид Тепла, кВт
1	Свердлильний	2	0,5	1	0,13	0,13	0,033
2	Точило	1	3	1	0,13	0,39	0,098
3	1И6111ПМФЗ	2	2	8	0,12	3,84	0,12
4	ТПК125В	4	1,5	8	0,6	28,8	0,9
5	2Л614	1	8	8	0,2	12,8	0,4
6	16К20	3	10	8	0,2	48	1,5
7	№21	1	1,5	8	0,12	1,44	0,045
8	6Р13ФЗ	3	12	8	0,5	144	4,5
9	676П	1	2,2	8	0,13	2,288	0,072
10	6Р12	1	7	8	0,25	14	0,438
11	№9	1	22	8	0,4	70,4	2,2
12	МІКРОМАТ900	1	1,5	8	0,6	7,2	0,225
13	2331СФ10	1	1,5	8	0,13	1,56	0,049
14	МІКРОМАТ630	1	2,2	8	0,6	10,56	0,33
15	№26	2	1,5	8	0,13	3,12	0,098
16	ЗЕ711	2	7	8	0,14	15,68	0,49
17	ЗБ153У	1	6	8	0,14	6,72	0,21
18	ЗВ642	1	1,5	1	0,14	0,21	0,053
19	Витяжка	1	1,5	8	0,7	8,4	0,262
20	бойлер	1	3	5	1	21	0,75
21	Світло	1	5	8	1	40	2,5
22	Ком'ютери	10	0,5	6	0,6	18	0,75
23	принтери	4	0,25	1	0,35	0,35	0,088
24	Циркуляц.насос	1	0,8	4272 на рік	0,7	2392 на рік	0,14

$$A_{\text{річн}} = 117114 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

У електробалансі, зображеному на рисунку 2.8 представимо розподіл споживання електроенергії у відсотковому відношенні, починаючи з найбільших.

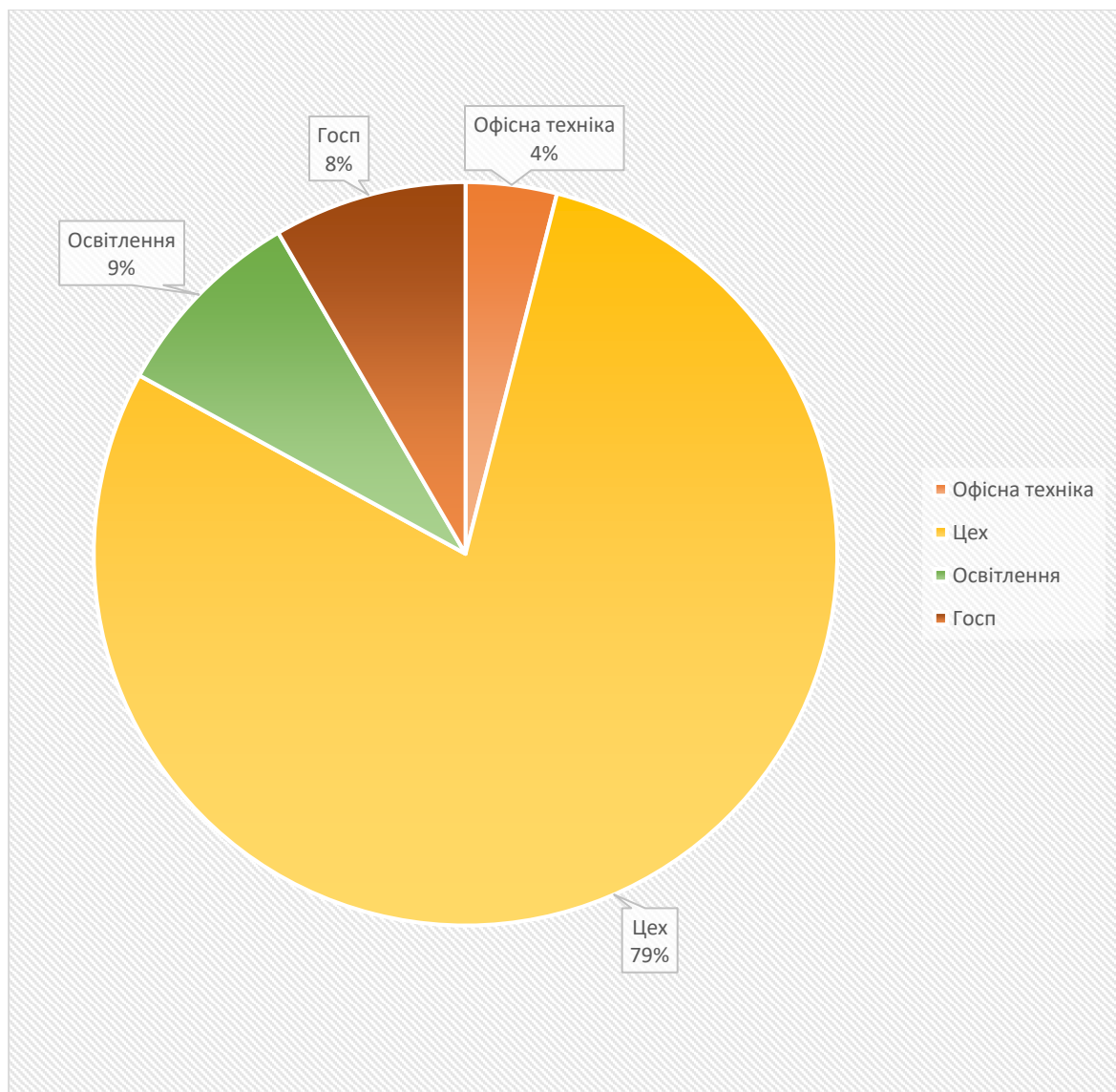


Рисунок 2.8 – Електробаланс заводу

Як видно з діаграми, найбільше електроенергії витрачається виробничим цехом.

$$\Delta = \frac{116256 - 115886}{116256} \cdot 100\% = 0,32\%$$

Нижче в таблиці 3.3 наведені дані по тарифам на електроенергію за 2017 - 2019 роки по місяцям, грн/кВт·год. Діаграма за цими даними наведена на рисунку 2.13

Таблиця 2.13 – Тарифи на електричну енергію

№	2017	2018	2019
	грн.	грн.	грн.
січень	2,01	2,15318	2,37954
лютий	2,01	2,1552	2,37954
березень	1,98	2,15374	2,37954
квітень	1,92	2,28974	2,38094
травень	1,94	2,28974	2,38094
червень	1,97	2,28974	2,38094
липень	1,95	2,28754	2,43067
серпень	1,96	2,28754	2,23696
вересень	1,96	2,28754	2,06836
жовтень	1,97	2,27088	2,26344
листопад	1,96	2,27088	2,26344
грудень	1,98	2,27088	2,26344



Рисунок 2.9 – Тарифи за споживання електричної енергії грн/кВт·год.

Проаналізувавши споживання електричної енергії, бачимо, що першочерговим кроком з модернізації електросистеми підприємства, повинен бути захід з компенсації реактивної потужності, так як більшість електроенергії споживають двигуни. Самі двигуни у верстатах застарілі, та з майже вичерпаним ресурсом. Тому їх заміна на сучасні аналоги теж послугує доброю інвестицією в виробничий фонд заводу. Заміну лічильника на новий, двонаправлений, дозволяючий не тільки контролювати споживання активної та реактивної енергії, а й рахуючий кількість енергії, відпущеної до мережі, теж вважаю першочерговим заходом з підвищення енергоефективності заводу.

2.2.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією

Впровадження заходів з компенсації реактивної потужності

Сучасні вимоги до промислових підприємств передбачають необхідність

компенсації реактивної складової потужності, спожитої підприємством.

Сумарна промислова потужність нашого заводу складає:

$$P_{\text{верст}} = 47,031 \text{ кВт}$$

Враховуючи характеристики нашого обладнання, дозволяється взяти спільний для усіх верстатів $\cos\varphi = 0,8$

Визначимо потужність для підбору пристрою компенсації за формулою

$$Q = P \cdot k \quad (3.3)$$

Де P – активна потужність, k – табличний коефіцієнт, визначаємий за $\cos\varphi = 0,8$, та бажаним значенням $\cos\varphi$, візьмемо $\cos\varphi = 0,94$,

$k=0,39$. Тоді за формулою (3.3) знайдемо Q

$$Q = 47,031 \cdot 0,39 = 18,342 \text{ кВАр}$$

Підберемо обладнання: **УКМ58-0,4-20-5 УЗ** (Рисунок 2.10)

Це автоматична чотирьох ступенева установка потужністю 20 кВАр, розрахована на номінальний струм 28,4 А



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд установки

Заміна двигунів верстатів на сучасні

Цей захід розглянемо на прикладі одного верстату 2Л614 . Це універсальний, горизонтально - розточний станок. Головним двигуном на цьому станку встановлений застарілий АО2-52-6/4-С1, М301 потужність 4,5/6,7 кВт та числом обертів 970/1470

Підберемо трохи слабший двигун, але з тими ж обертами. Більш сучасна

конструкція дозволить застосовувати його у даному верстаті. Характеристики нового двигуна наведені у таблиці 2.14

Таблиця 2.14 – Паспортні характеристики двигуна АИС 132М-6/4

Марка двигуна	Потужність кВт	Напруга В	Струм, А	Об/хв.
АИС 132М- 6/4	4,0/5,50	380	9,80/12,30	970/1440

ККД, %	$\cos \varphi$	Іпуск/ Іном	Мпуск/ Мном	Ммакс/ Мном
82/80	0,76/0,85	6,0/6,50	1,60/1,40	1,80

2.2.3 Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту для реалізації встановлення фотоелектричної системи (ФЕС)

Заміна лічильників

Встановлення на заводі фотоелектричної системи (ФЕС), потребує наявності двохнаправленого лічильника на кожній з підстанцій. Пропоную лічильник **НІК 2303 І** (Рисунок 2.11)



Рисунок 2.11 – Лічильник трифазний НІК 2303 І електронний двонаправлений

Він дозволить нам не тільки, додатково, вести облік реактивної потужності, а й рахувати кількість електроенергії, яка буде надходити в мережу з ФЕС, для продажу по зеленому тарифові.

Основні характеристики:

- вимір активної і реактивної енергії в прямому і зворотному напрямку, по одному і декільком тарифами в трифазних трипровідних і чотиріпровідних ланцюгах змінного струму, з трансформаторним і безпосереднім підключенням по напрузі і струму;
- клас точності для вимірювання активної енергії - 0,5s (ДСТУ 30206 та ДСТУ ІЕС 62053-22) або 1,0 (ДСТУ 30207 та ДСТУ ІЕС 62053-21);
- клас точності для вимірювання реактивної енергії - 1,0 (ДСТУ ГОСТ 26035) або 2,0 (ДСТУ ІЕС 62053-23);
- номінальну напругу (залежно від виконання)– від 3x220/380 В або 3x100 В; - частота – 50 Гц;

- номінальна сила струму – 5 А;
- максимальна сила струму – 10 А, 60 А, 80 А, 100 А, 120 А (залежно від виконання);
- пофазний облік всіх вимірюваних величин;
- для багатотарифного виконання: до 12-ти тарифів і 24-х тимчасових зон з автоматичним переходом на зимовий і літній час; - Наявність оптичного порту для програмування і зчитування даних;
- 2 елемента живлення вбудованих годин реального часу;
- ступінь захисту – IP54 (ГОСТ 14254);
- кількість розрядів лічильного механізму – 6+3;
- міжповірочний інтервал – 16 років;
- середній термін експлуатації (до першого капітального ремонту) – 24 роки.

Оцінювання впливу впровадження ФЕС на систему електропостачання заводу

Модернізація системи енергопостачання заводу, шляхом встановлення фотоелектричної системи з сонячними панелями на даху будівлі, дозволяє значно заощадити кошти, витрачаємі на електричну енергію, а також отримати додатковий прибуток, за рахунок продажу надлишків виробляємої енергії за зеленим тарифом.

Якщо раніше завод поживав з мережі, у середньому $A_{\text{зовн.до ФЕС}} = 116\,749$ кВт·год за рік, то після впровадження ФЕС, споживання з зовнішньої мережі складе $A_{\text{зовн.після ФЕС}} = 76105$ кВт·год (згідно моделі зробленої у програмі PV*SOL (Розділ 3)). Економія споживання складе:

$$A_{\text{екон.}} = A_{\text{зовн.до ФЕС}} - A_{\text{зовн.після ФЕС}} = 116749 \text{ (кВт·год/рік)} - 76105 \text{ (кВт·год/рік)} =$$

$$= 40644 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}$$

Економія у грошах ($E_{\text{спож}}$), згідно діючого тарифу $T = 3,336 \frac{\text{грн.}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}$:

$$E_{\text{спож}} = A_{\text{екон}} \cdot T = 40644 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)} \cdot 3,336 \frac{\text{грн.}}{\text{кВт}\cdot\text{год}} = 135588 \text{ грн./рік}$$

По зеленому тарифу ми віддаємо у мережу $A_{\text{зт}} = 33483 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}$ (згідно моделі зробленої у програмі PV*SOL (Розділ 3))

Згідно нинішніх ставок по зеленому тарифу $T_{\text{зт}} = 3,96 \frac{\text{грн.}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}$, річна виручка від продажу електричної енергії $E_{\text{зт}}$, дорівнюватиме:

$$E_{\text{зт}} = A_{\text{зт}} \cdot T_{\text{зт}} = 33483 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)} \cdot 3,96 \frac{\text{грн.}}{\text{кВт}\cdot\text{год}} = 132593 \text{ грн./рік},$$

отже, сумарна економія від впровадження ФЕС буде складати за рік

$$E_{\text{річн}} = E_{\text{спож}} + E_{\text{зт}} = 135588 \text{ грн./рік} + 132593 \text{ грн./рік} = 268\,181 \text{ грн./рік}$$

Висновки до розділу

Комплекс проведених заходів дозволить суттєво зекономити затрати на електроенергію, здебільшого за рахунок введення в експлуатацію ФЕС. Та значно підвищить рівень енергоефективності заводу, також наблизивши технічну базу до відповідності вимогам сучасних норм. Економія електричної енергії після введення в експлуатацію ФЕС складе 34,8%, а в грошах можна буде заощаджувати 68,8%. Термін окупності ФЕС складе менше 7 років (розрахунки наведені у розділі 3).

З ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «КАНІВСЬКИЙ МЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД» НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ PV*SOL»

Вступ до розділу

Так як витрати підприємства на електроенергію є найбільшими з числа усіх витрат на енергоресурси, розглянемо можливість їх зниження.

Для заощадження витрат на електроенергію прорахуємо доцільність встановлення фотоелектричної системи, з сонячними панелями на даху заводу.

Сучасні комп'ютерні технології і програмне забезпечення дозволяють без складнощів створити динамічну математичну модель фотоелектричної системи майже будь-якої складності.

При наявності комп'ютерної моделі подальші затрати часу і фінансів на дослідження набагато нижче, ніж в альтернативних методах, при цьому результати роботи з динамічною моделлю зазвичай точніші і ближчі до реальних умов, оскільки використовують складні методи математичного розрахунку і враховують більшість факторів і умов, що можуть здійснювати вплив на роботу системи.

Програмне забезпечення

Для моделювання використаємо програмне забезпечення PV*SOL від Valentin Software GmbH (Рисунок 3.1), адаптована для користувачів програма зі зручним графічним інтерфейсом.



Рисунок 3.1 – Логотип програмного продукту PV*SOL

3.1 Огляд зовнішніх умов та вхідних параметрів для моделювання

Зовнішні умови

При створенні моделі враховуються розташування будівлі відносно сторін світу, кліматичні умови та сонячна активність регіону розташування, конструктивні особливості даху. У нашому випадку, це чотирьох скатний дах. База погодних даних IWEC враховує такі погодинні дані як температуру сухого термометра, напрям і швидкість вітру, пряму та розсіяну сонячну радіацію, відносну вологість, атмосферний тиск, тощо.

Вхідні параметри моделі

При проведенні обстеження будівлі та вивченні технічної документації були визначені основні характеристики об'єкту для створення динамічної комп'ютерної моделі: генплан, зовнішні та внутрішні обміри, знайдене супутникове фото заводу (Рисунок 3.2)

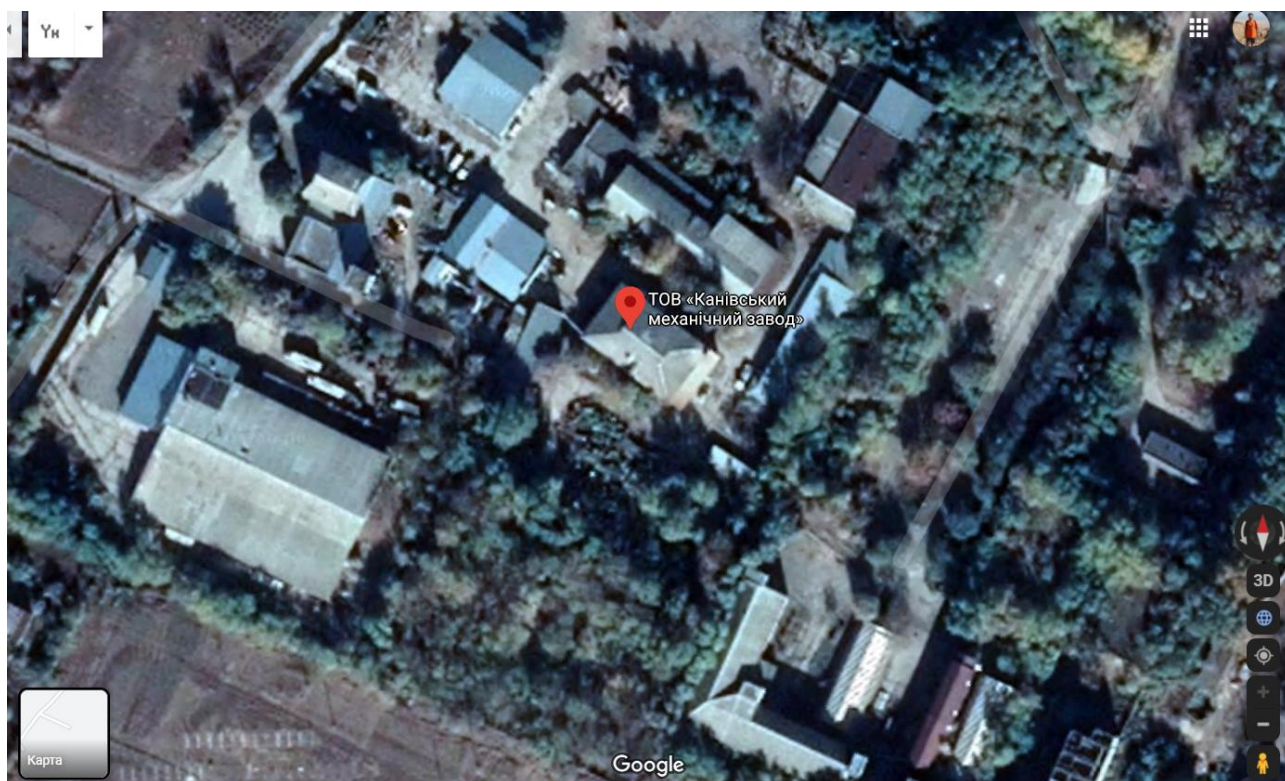


Рисунок 3.2 – Супутникове фото приміщення заводу

3.2 Моделювання в програмному середовищі PV*SOL

Після занесення вихідних даних до програми, нею була розрахована кількість та розташування сонячних панелей на даху будівлі. Модель з панелями зображена на Рисунках 3.3, 3.4, 3.5 та 3.6

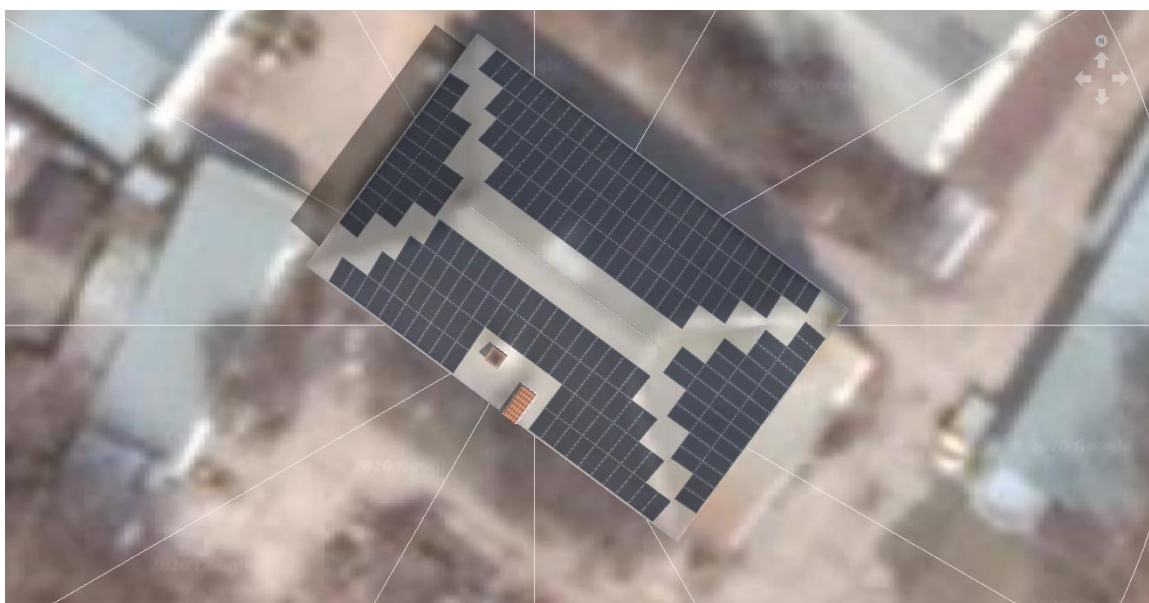


Рисунок 3.3 – Модель розташування сонячних панелей (вигляд зверху)



Рисунок 3.4 – Модель розташування сонячних панелей (вигляд з півдня)

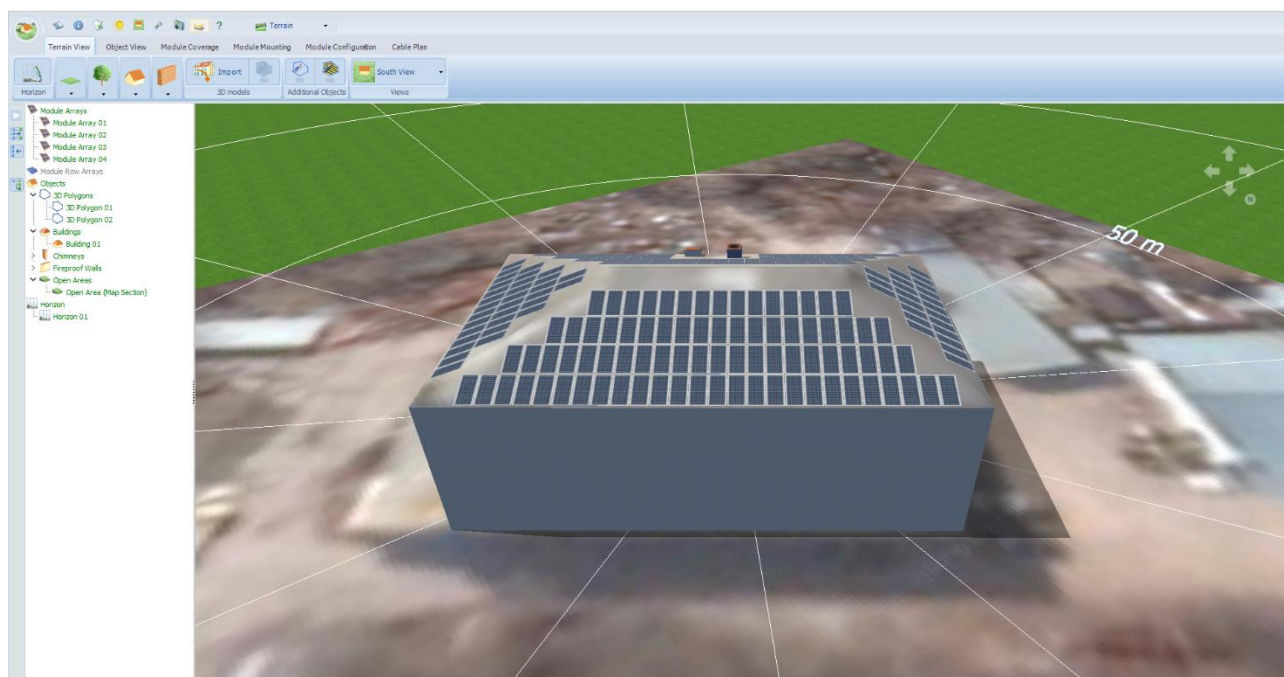


Рисунок 3.5 – Модель розташування сонячних панелей (вигляд з північно -
східної сторони)

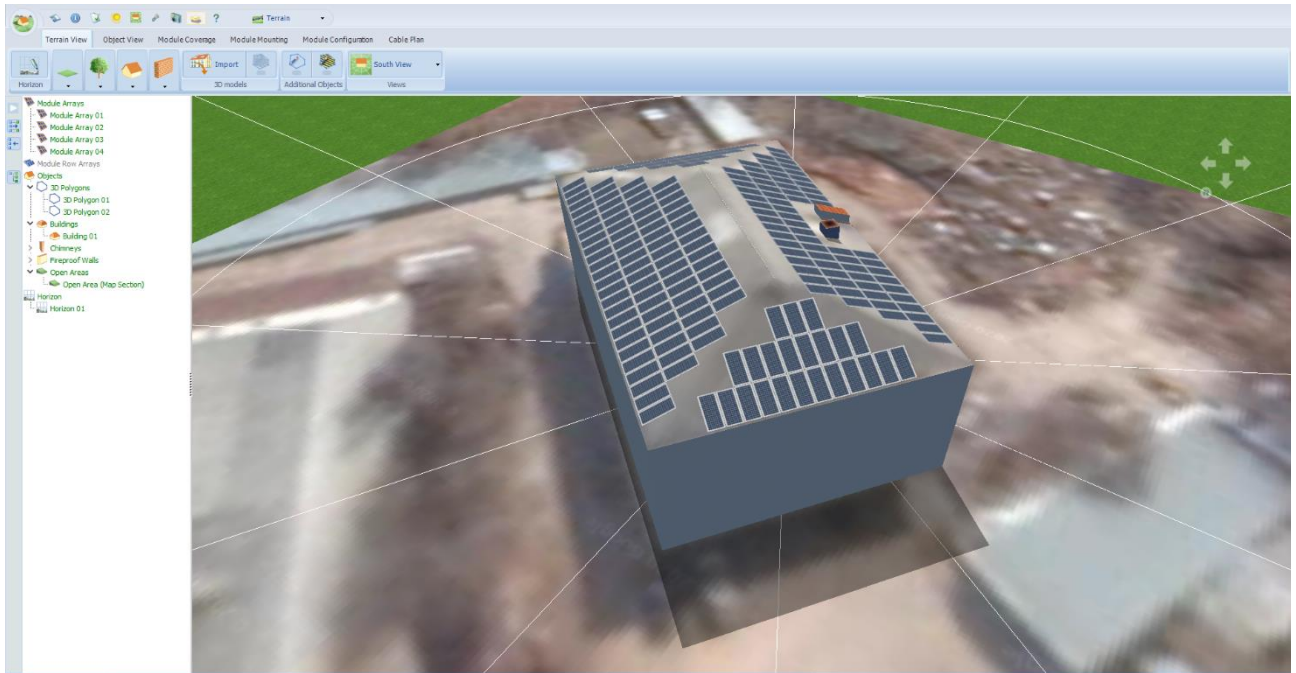


Рисунок 3.6 – Модель розташування сонячних панелей (вигляд зі сходу)

Усього вийшло 208 сонячних панелей, на чотирьох скатах даху:

- 82 – на північно - східному скаті,
- 71 – з південно - західної сторони,
- 32 – на південно - західному боці даху,
- 23 – спрямовано на північно - захід

Панелі візьмемо виробництва JA Solar Technology Co Ltd,
JAM72S03 360/PR

Основні технічні характеристики JA Solar JAM72S01-360/PR:

- заявлений клас - А;
- потужність по STC/NOCT - 360Вт/265Вт;
- максимальна ефективність - 18,5%;
- допустиме відхилення по потужності - 0~5Вт;
- температурний коефіцієнт - -0.38%/°C.

Конструкція сонячної панелі зображена на Рисунку 3.7

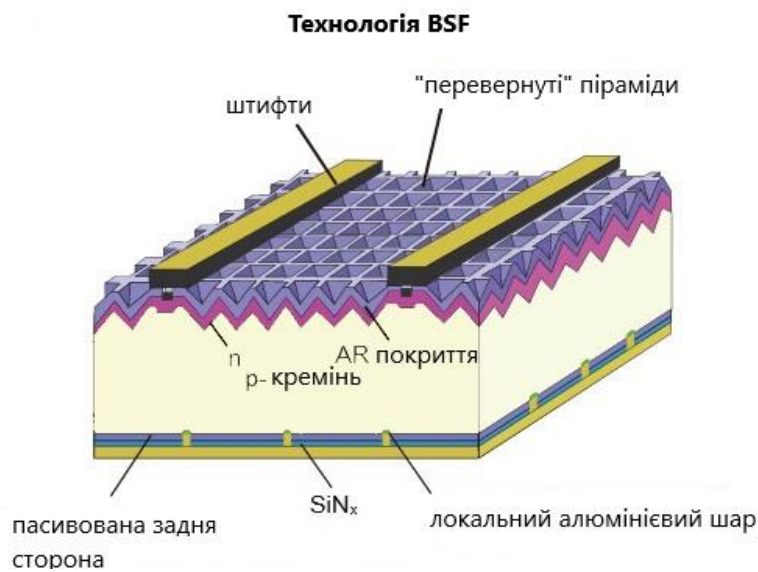


Рисунок 3.7 – Конструкція сонячної панелі

Обслуговувати сонячні панелі будуть два чотирьох каналні інвертори фірми Huawei Technologies Co. Ltd., моделі **SUN2000-40KTL-M3**. Зовнішній вигляд показано на рисунку 3.8



Рисунок 3.8 – Huawei SUN2000-40KTL-M3

Характеристики ефективності та схема підключення інвертора показані на Рисунку 3.9

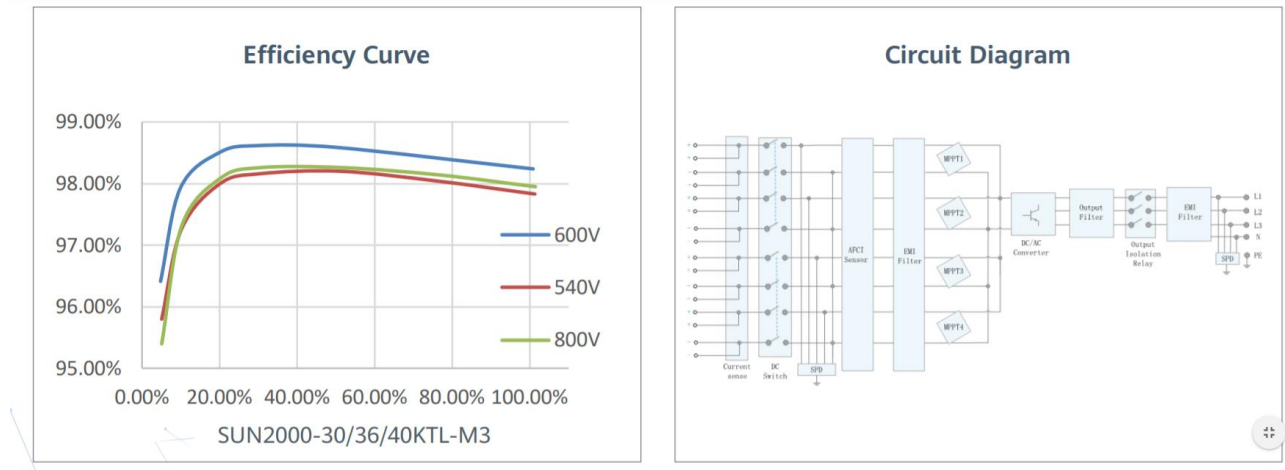


Рисунок 3.9 – Huawei SUN2000-40KTL-M3, характеристики ефективності та схема підключення

Розподіл сонячних панелей по каналах інверторів, показано на рисунках 3.10 та 3.11, перший та другий інвертор, відповідно

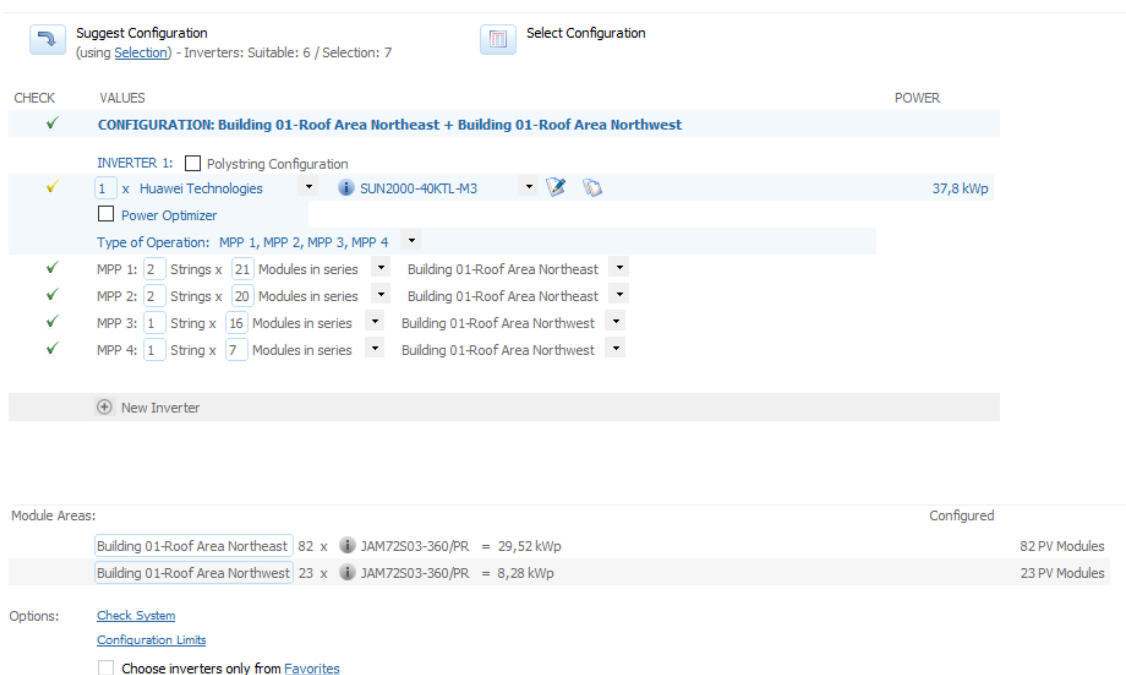


Рисунок 3.10 – Розподіл сонячних панелей на канали інвертора 1

Suggest Configuration
(using Selection) - Inverters: Suitable: 6 / Selection: 7

Select Configuration

CHECK	VALUES	POWER
✓	CONFIGURATION: Building 01-Roof Area Southeast + Building 01-Roof Area Southwest	
	INVERTER 1: <input type="checkbox"/> Polystring Configuration	
✓	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">1</div> <div style="margin: 0 5px;">x</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">Huawei Technologies</div> <div style="margin: 0 5px;">-</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">SUN2000-40KTL-M3</div> <div style="margin-left: 10px;"> </div> </div>	37,08 kWp
	<input type="checkbox"/> Power Optimizer	
	Type of Operation: MPP 1, MPP 2, MPP 3, MPP 4	
✓	MPP 1: 2 Strings x 16 Modules in series	Building 01-Roof Area Southeast
✓	MPP 2: 2 Strings x 14 Modules in series	Building 01-Roof Area Southwest
✓	MPP 3: 2 Strings x 13 Modules in series	Building 01-Roof Area Southwest
✓	MPP 4: 1 String x 17 Modules in series	Building 01-Roof Area Southwest
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; margin-right: 5px;">+</div> <div>New Inverter</div> </div>		

Module Areas:

Building 01-Roof Area Southeast	32 x	JAM72S03-360/PR	= 11,52 kWp	
Building 01-Roof Area Southwest	71 x	JAM72S03-360/PR	= 25,56 kWp	

Configured

32 PV Modules

71 PV Modules

Options:

[Check System](#)

[Configuration Limits](#)

☐ Choose inverters only from [Favorites](#)

Рисунок 3.10 – Розподіл сонячних панелей на канали інвертора 2

Схеми підключення груп панелей до каналів інверторів зображені на рисунку 3.11 та 3.12, для першого та другого інверторів, відповідно.

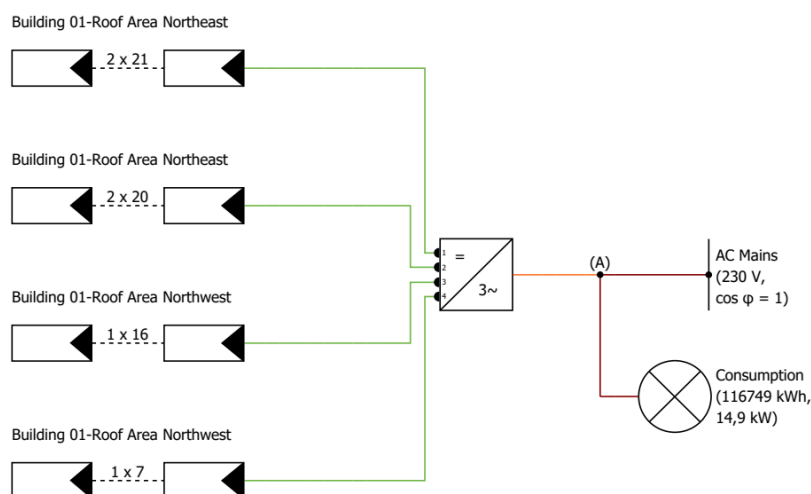


Рисунок 3.11 – Схема підключення груп панелей до каналів інвертора 1

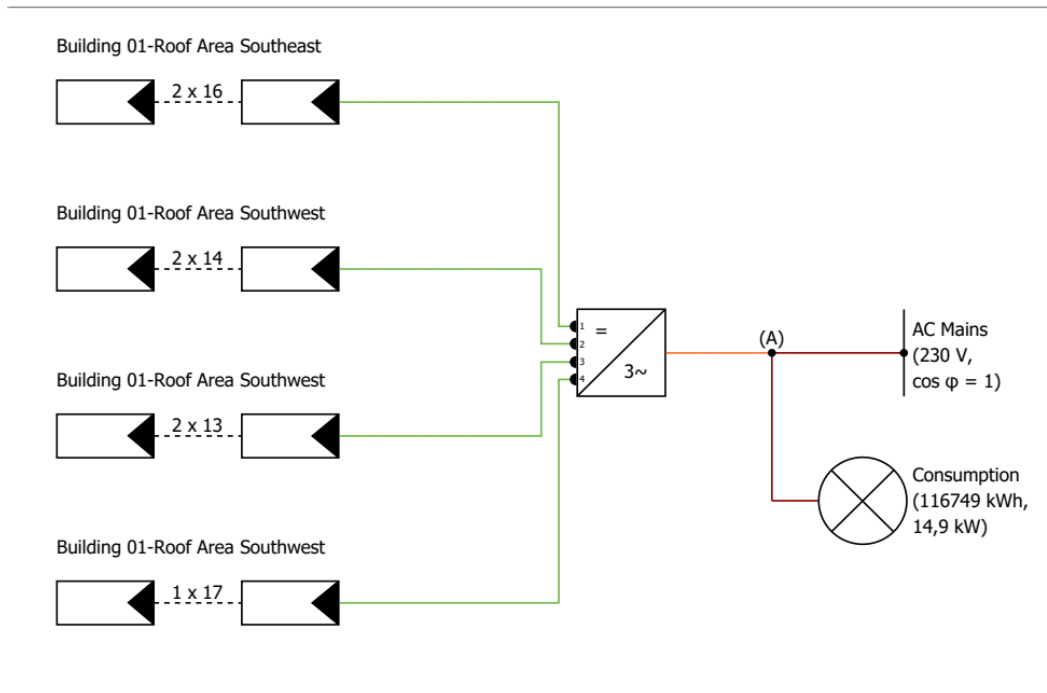


Рисунок 3.12 – Схема підключення груп панелей до каналів інвертора 2

Схема підключення системи через два лічильники до мережі, приведена на рисунку 3.13

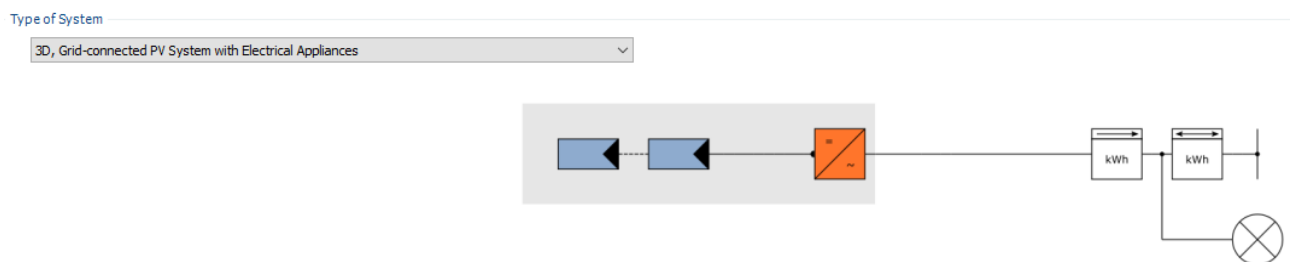


Рисунок 3.13 – Схема підключення фотоелектричної системи до мережі

Далі наведемо результати моделювання даної системи, виходячи з параметрів споживання електричної енергії заводом та сонячної активності в місті Канів у продовж року. Результат, виведений програмою (рисунку 3.13). Зведені данні розрахунку ФЕС, занесені до таблиці 3.1. На рисунку 3.14 зображена схема розподілу енергії

PV System	
PV Generator Output	74,9 kWp
Spec. Annual Yield	989,94 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	89,2 %
Yield Reduction due to Shading	0,3 %/Year
PV Generator Energy (AC grid)	74 174 kWh/Year
Down-regulation at Feed-in Point	0 kWh/Year
CO ₂ Emissions avoided	34 839 kg / year

Appliances	
Appliances	116 749 kWh/Year
Standby Consumption (Inverter)	47 kWh/Year
Total Consumption	116 796 kWh/Year

Level of Self-sufficiency	
Total Consumption	116 796 kWh/Year
covered by grid	76 105 kWh/Year
Level of Self-sufficiency	34,8 %

Рисунок 3.14 – Підсумкові дані, виведені програмою PV*SOL

Таблиця 3.1 – Характеристики встановленої ФЕС

Параметр ФЕС	Характеристика
Вихідна потужність системи, кВт	74,9
Коефіцієнт продуктивності (PR), %	89,2
Негативний вплив затінення, %/рік	0,3
Річна генерація (мережа змінного струму), (кВт·год)/рік	74174
Власне споживання, (кВт·год)/рік	116749
Подача в загальну мережу, (кВт·год)/рік	33483
Зниження викидів CO ₂ , кг/рік	34839
Споживання в режимі очікування (інвертор), (кВт·год)/рік	47
Загальний обсяг споживання:	116796
споживання від ФЕС	40691
споживання від загальної мережі	76105

Energy Flow Graph

Project: 3a0

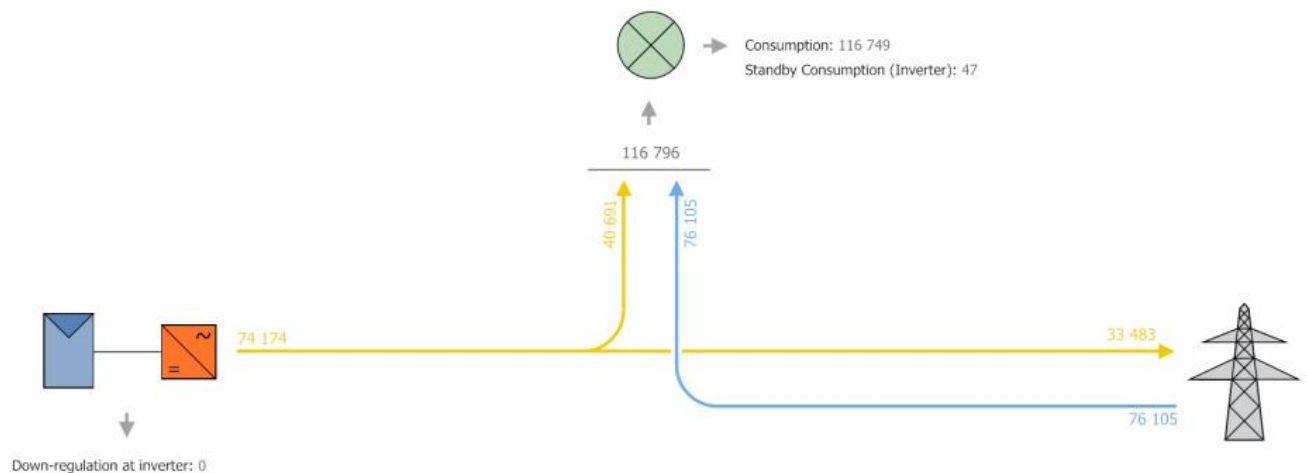
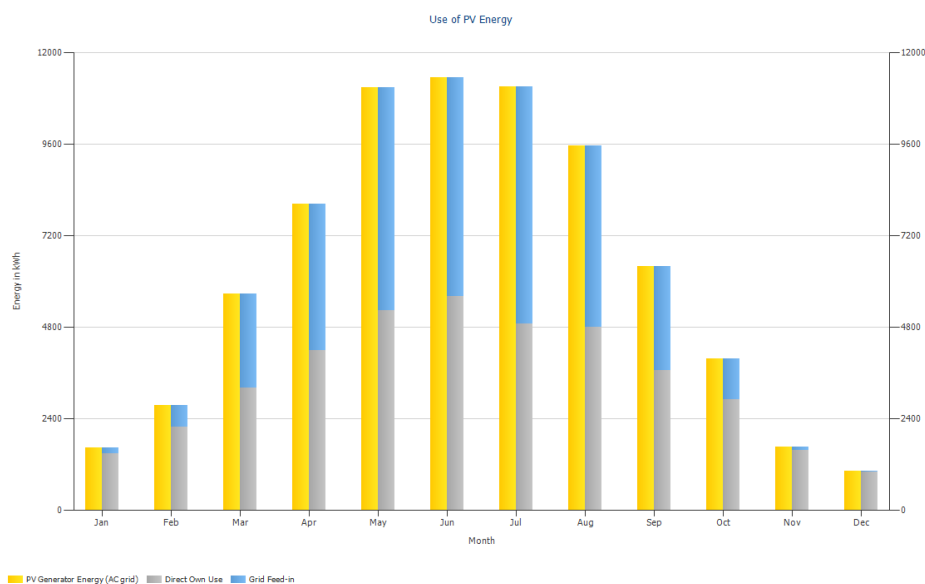


Рисунок 3.15 – Схема розподілу електроенергії за рік

Далі наведемо графіки, за результатами розрахунків ФЕС (рисунки 3.15, 3.16,



3.17)

Рисунок 3.16 – Схема розподілу виробленої ФЕС електроенергії

На рисунку 3.16 показана схема власного споживання та віддачі надлишків електроенергії до мережі.

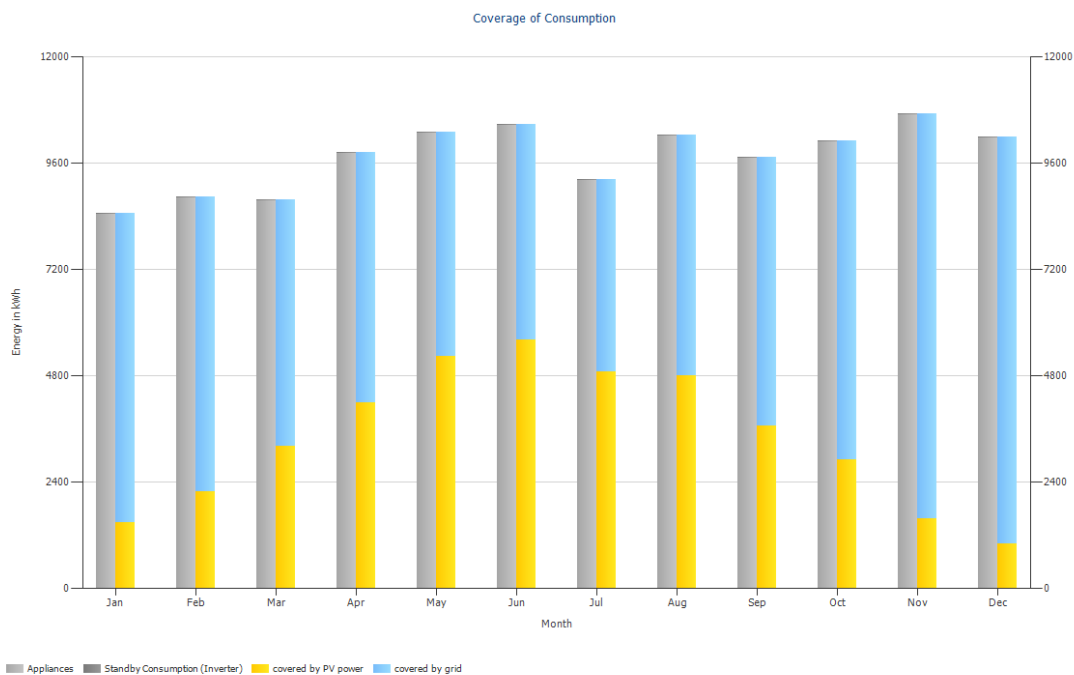


Рисунок 3.17 – Охоплення споживання

На рисунку 3.17 зображено вироблення сонячної енергії на фоні потреб,



помісячно

Рисунок 3.18 – Прогноз виробництва зі споживанням

На рисунку 3.18 схематично зображено баланс між виробництвом та споживанням електрично енергії ФЕС

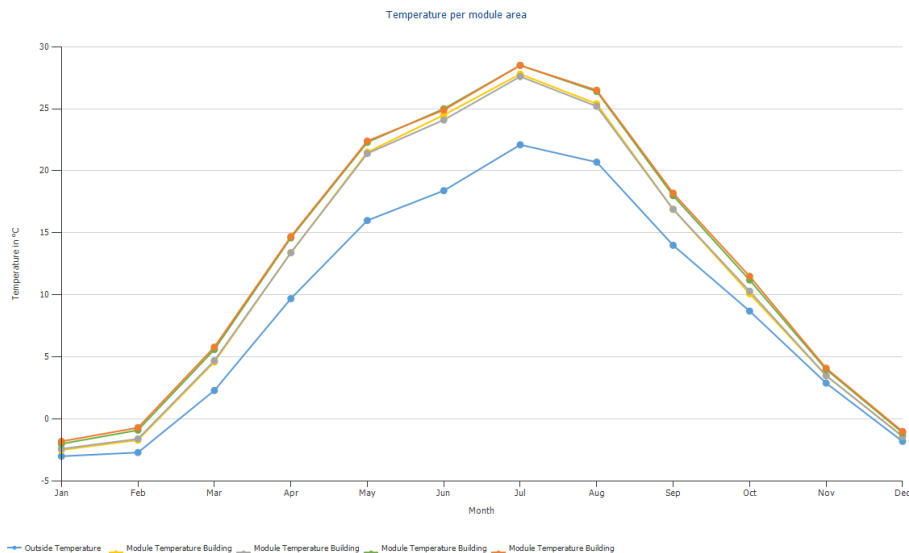


Рисунок 3.19 – Графік температур сонячних панелей.

Графік зображений на рисунку 3.19 показує температуру поверхні фотопанелей, в залежності від пори року та сторони розташування.

3.2.1 Розрахунок вартості і окупності заходу

У таблиці 3.2 наведемо вартість обладнання, а до таблиці 3.3 занесемо вартість робіт з монтажу ФЕС

Таблиця 3.2

Найменування	Кількість, шт	Ціна, грн	Вартість, грн
SUN2000-40KTL-M3	208	6123	1273584
Huawei SUN2000-40KTL-M3	2	108400	216800
Двохнаправлений лічильник Itron SL 7000 Smart	1	12540	12540
Σ			1502924

Таблиця 3.3

Робота з монтажу	Кількість, шт	Ціна, грн	Вартість, грн
SUN2000-40KTL-M3	208	784	163072
Huawei SUN2000-40KTL-M3	2	4200	8400
Σ			171472

Реєстрація обладнання для продажу енергії за зеленим тарифом коштує 14000 грн.

І того, собівартість ФЕС складає 1 688 396 гривень.

Порахуємо річну економію витрат на споживання електроенергії ($E_{\text{спож}}$) для цього вирахуємо економію у кіловат годинах за рік ($A_{\text{екон}}$), де $A_{\text{зовн.до ФЕС}}$ та $A_{\text{зовн.після ФЕС}}$ річне споживання заводом електроенергії за рік до провадження ФЕС та після, відповідно.

$$A_{\text{екон.}} = A_{\text{зовн.до ФЕС}} - A_{\text{зовн.після ФЕС}} = 116749 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)} - 76105 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)} = 40644 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}$$

Економія у грошах, згідно діючого тарифу $T = 3,336 \frac{\text{грн.}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}$, складе

$$E_{\text{спож}} = A_{\text{екон}} \cdot T = 40644 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)} \cdot 3,336 \frac{\text{грн.}}{\text{кВт}\cdot\text{год}} = 135588 \text{ грн./рік}$$

По зеленому тарифу ми віддаємо у мережу $A_{\text{зт}} = 33483 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}$,

Згідно нинішніх ставок по зеленому тарифу $T_{\text{зт}} = 3,96 \frac{\text{грн.}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}$, річна виручка від продажу електричної енергії $E_{\text{зт}}$, дорівнюватиме:

$$E_{\text{зт}} = A_{\text{зт}} \cdot T_{\text{зт}} = 33483 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)} \cdot 3,96 \frac{\text{грн.}}{\text{кВт}\cdot\text{год}} = 132593 \text{ грн./рік},$$

отже, сумарна економія від впровадження ФЕС буде складати за рік

$$E_{\text{річн}} = E_{\text{спож}} + E_{\text{зт}} = 135588 \text{ грн./рік} + 132593 \text{ грн./рік} = 268\,181 \text{ грн./рік}$$

Термін окупності складе менше 7 років.

3.3 Моделювання системи ГВП з використанням сонячних колекторів, за допомогою програмного забезпечення T*SOL

Програмне забезпечення

Для моделювання геліосистеми використаємо програмне забезпечення T*SOL від Valentin Software GmbH (Рисунок 3.19), адаптована для користувачів програма зі зручним графічним інтерфейсом.



Рисунок 3.19 – Логотип програмного продукту T*SO

На даний момент для організації ГВП на заводі встановлено бойлер потужністю

3 кВт. За добу, споживання електричної енергії бойлером складає 21 кВт · год.
За рік бойлер споживає 5250 кВт · год.

Ці дані й використаємо у якості вихідних.

На рисунках 3.20 – 3.23 зображено дані видані програмою, щодо колекторів геліосистеми та її загальних параметрів системи

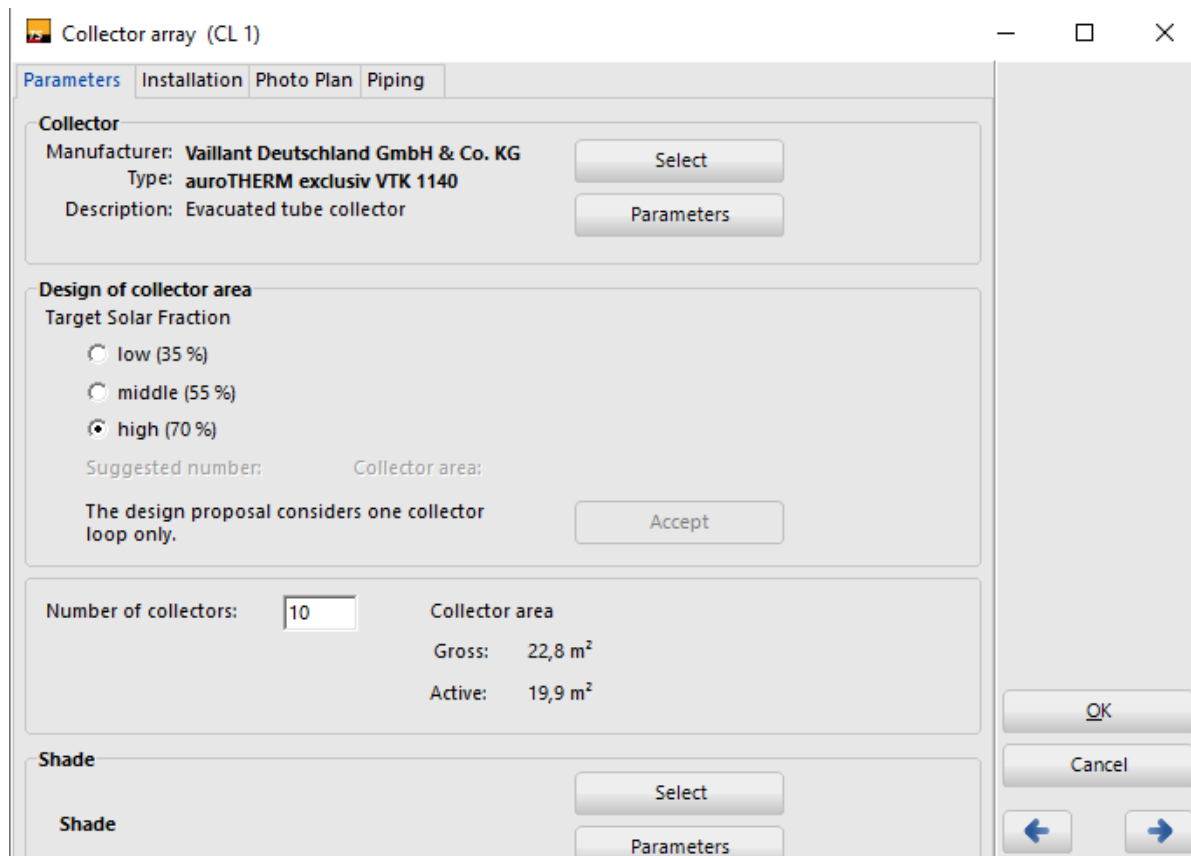


Рисунок 3.20 – Вибір колекторів та розрахунок їх кількості

На рисунку 3.20 видно, що програма підбрала 10 колекторів, марки Vaillant auroTHERM exclusive VTK 1140/2

Орієнтування та кути нахилу колекторів зображені на рисунку 3.21

Parameters Installation Photo Plan Piping

Orientation: °

Azimuth angle: °

Inclination (Tilt Angle): °

Direction of tubes

☒ lengthwise

☐ crosswise

Minimum distance between mounted collectors

Calculation

Annual irradiation onto collector surface

	<u>specific</u>	<u>absolute</u>
Without shade	11,2 MWh/m ²	223,1 MWh
with shade	11,2 MWh/m ²	223,1 MWh
Less optical losses	6,9 MWh/m ²	136,7 MWh

OK

Cancel

← →

Рисунок 3.21 – Розташування колекторів геліосистеми

Dual coil indirect hot water tank

Parameters Connections Heat exchanger Electric element Control

Manufacturer:

Type:

Volume: l

Number of tanks:

Configure tank volume

Suggestion: 1000 l

Accept

Height = x diameter

Insulation thickness: mm

Effective thermal conductivity: W/(m·K)

Losses : 2,63 kWh/Day

Thermal loss rate: 2,44 W/K

OK

Cancel

← →

Рисунок 3.22 – Проміжні дані для розрахунку

Hot water consumption

Parameters | Operating times

☐ DHW recirculation loop used

Consumption (based on operating times)

☐ Average daily consumption 312,33 l

☒ Annual consumption 114 m³

Annual requirement: 5 255 kWh
Maximum hourly requirement: 4,88 kWh

Temperatures

Desired DHW temperature: 50 °C

☐ Calculate cold water temperature based on climate data

Cold water temperature in February: 7,5 °C

Cold water temperature in August: 12,5 °C

Consumption profile

Detached house (evening max)

Рисунок 3.23 – Температурні та кількісні дані води

По результату розрахунків програма підбрала до нашої системи 10 вакуумних колекторів Vaillant auroTHERM exclusive VTK 1140/2 (рисунок 3.24)



Рисунок 3.24 – Вакуумний колектор Vaillant auroTHERM exclusive VTK 1140/2

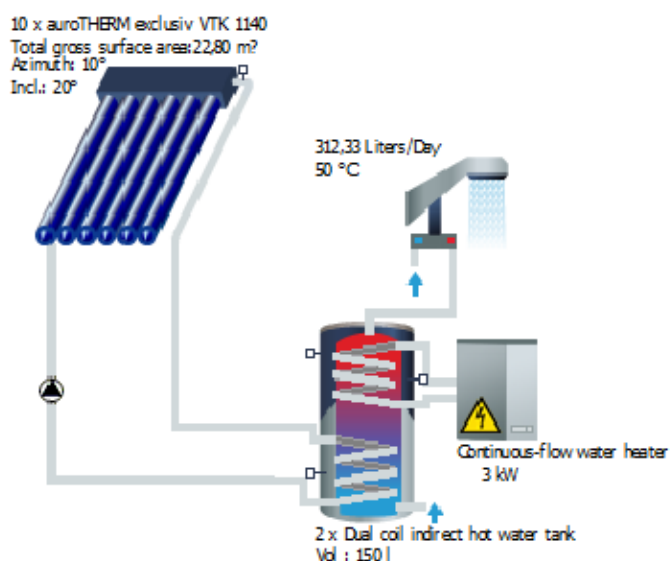
Площа накриття колекторів складе 22,8 м²

На рисунку 2.25 приведена таблиця з даними системи, результати занесемо до таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Результат розрахунків системи колекторів для ГВП

Параметр системи СК	Характеристика
Теплова потужність системи, кВт	15,96
Загальна площа поверхні колекторів, м ²	22,8
Частка заміщення за рахунок сонця ГВП, %/рік	72
Всього вироблено тепла системою за рік (кВт·год)/рік	5270,05
Тепло, згенероване за рахунок сонця (кВт·год)/рік	4258,3
Енергія спожита з мережі (кВт·год)/рік	1655,4
Ефективність роботи системи, %	19,1
Зниження викидів CO ₂ , кг/рік	3154,87

Variant 1

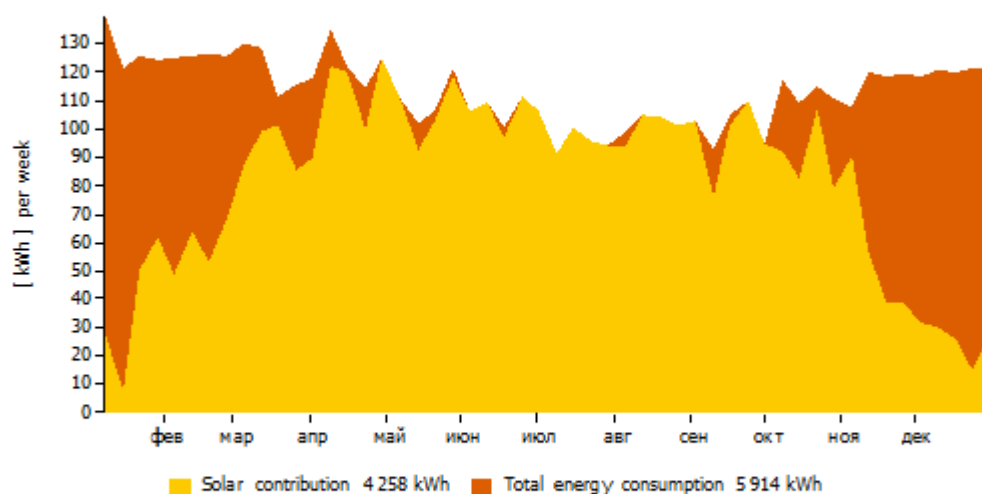
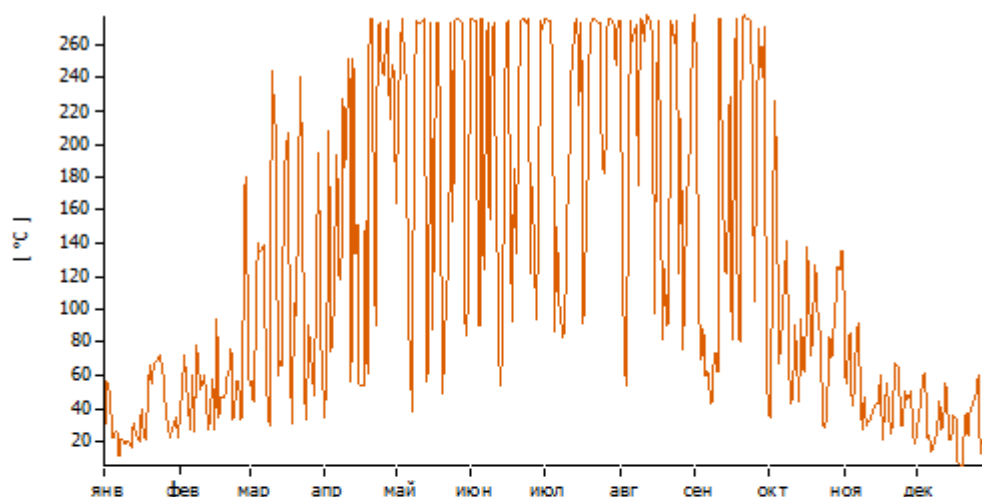


Results of annual simulation

Installed collector power:		15,96 kW
Installed solar surface area (gross):		22,8 m²
Irradiation on collector surface (active):	22 305,05 kWh	1 120,86 kWh/m²
Energy delivered by collectors:	6 319,19 kWh	317,55 kWh/m²
Energy delivered by collector loop:	4 947,34 kWh	248,61 kWh/m²
DHW heating energy supply:		5 270,05 kWh
Solar energy contribution to DHW:		4 258,30 kWh
Energy from auxiliary heating:		1 011,75 kWh
Electricity savings:		4 737,0 kWh
CO2 emissions avoided:		3 154,87 kg
DHW solar fraction:		72,0 %
Relative savings of supplementary energy (DIN EN 12977):		72,0 %
System efficiency:		19,1 %

Рисунок 3.25 – Кінцева таблиця розрахунку програмою параметрів системи

На рисунку 3.25 показана схема геліосистеми, та головні її параметри, занесені до таблиці 3.4

Solar energy consumption as percentage of total consumption**Daily maximum collector temperature**

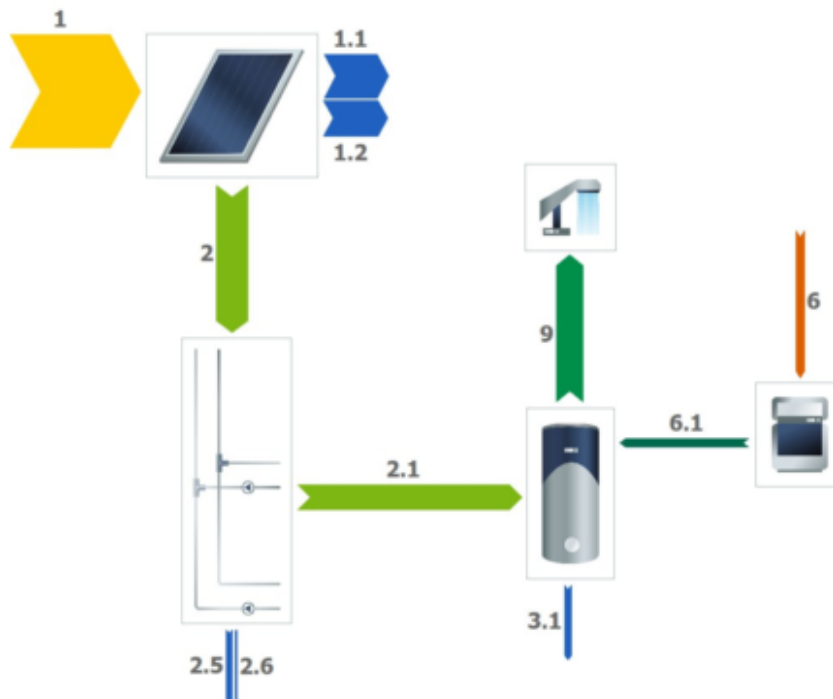
These calculations were carried out by T*SOL 2018 (R4) - the simulation program for solar thermal heating systems. The results are determined by a mathematical model calculation with variable time steps of up to 6 minutes. Actual yields can deviate from these values due to fluctuations in climate, consumption and other factors. The system schematic diagram above does not represent and cannot replace a full technical drawing of the solar system.

Рисунок 3.26 – Помісячні графіки використання сонячної енергії для організації
ГВП на заводі

З графіків на рисунку 3.26 наглядно видно заміщення електричної енергії сонячною для нагріву води (верхній графік) та коливання температури на колекторі, в залежності від пори року(нижній графік).

Variant 1

Energy balance schematic



Legend

1	Irradiation on collector surface (active)	22 305 kWh
1.1	Optical collector losses	8 634 kWh
1.2	Thermal collector losses	6 931 kWh
2	Energy from collector array	6 319 kWh
2.1	Solar energy to storage tank	4 947 kWh
2.5	Internal piping losses	1 061 kWh
2.6	External piping losses	310 kWh
3.1	Tank losses	1 334 kWh
6	Final energy	1 748 kWh
6.1	Supplementary energy to tank	1 655 kWh
9	DHW energy from tank	5 270 kWh

Рисунок 3.27 – Схема розподілу потужностей у системі ГВП

На схемі (рисунок 3.27) можна побачити втрати при перетворюванні та передачі енергії у кожному з вузлів системи

Висновки

Встановлення фотоелектричної є цілком доцільним і економічно обґрунтованим.

34,8% електричної енергії, від спожитої заводом, буде згенеровано ФЕС.

А якщо взяти до уваги ще й прибуток від продажу електроенергії за зеленим тарифом, грошові заощадження становитимуть 68,8%, по завершення терміну окупності, тривалість якого складе менше 7 років.

Зниження викидів CO₂ на 34839 кг/рік надає системі значимості ще і в екологічному аспекті.

Розташування системи сонячних колекторів на даху будівлі, дозволяє значно зекономити на ГВП, але економія від встановлення ФЕЛ, значно суттєвіша і площею даху раціональніше буде скористатися, саме для установки ФЕЛ

4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

4.1 Загальні положення (мета, роль та завдання енергоменеджменту)

Сьогодні людство, як ніколи, стоїть перед викликом необхідності переходу до нового рівня технологій виробництва та усвідомлення потреби формування енергобережливої свідомості суспільства. Очевидно, що пошук і адаптація нових шляхів та концептуальних підходів задля раціонального ефективного господарювання є незворотним процесом.

І нам для цього необхідно опанувати енергоменеджмент — комплексний системний підхід у ефективному вирішенні питань енергозабезпечення організації.

Енергозберігаючі технології, енергоефективне виробництво і господарювання, широке використання відновлювальних джерел визнають найбільш дієвим інструментом у подоланні енергозалежності, світових енергетичних та економічних криз. Підготовка та впровадження енергозберігаючих заходів, розробка та реалізація енергетичної стратегії повинні виконуватися найбільш висококваліфікованим, спеціально підготовленим управлінським персоналом — енергоменеджментом.

З метою підвищення рівня ефективності використання енергоресурсів (ЕВЕР) за кордоном широкий розвиток отримала концепція енергетичного менеджменту (ЕМ), заснована на використанні функціонального підходу в управлінні ЕІЕР. Відповідно до даної концепції процес управління ЕВЕР будь-якої системи можна представити як сукупність функцій управління ЕВЕР. Концепція ЕМ вимагає розвитку технічного та методичного забезпечення реалізації функцій обліку, контролю та аналізу ЕВЕР.

Однак, як свідчить практика, не дивлячись на значні вигоди, які можна отримати від впровадження системи енергетичного менеджменту (СЕМ), значного просування діяльність по впровадженню СЕМ на Україні не отримала. Це пов'язано з тим, що на шляху впровадження СЕМ виникає безліч різноманітних бар'єрів, серед яких:

- відсутність політики енергозбереження;
- фінансова неготовність до впровадження СЕМ;
- відсутність системи стимулювання персоналу;
- недостатня підтримка з боку керівництва;
- нерозуміння керівництвом важливості питань ЕВЕР;
- недостатня інформованість персоналу про впровадження СЕМ;
- відсутність у необхідних засобів обліку та контролю енергоспоживання.

4.2 Постановка завдання

Необхідність постійного моніторингу та аналізу ЕВЕР породжує необхідність запровадження таких функцій, як: планування, організація, облік і контроль рівня ефективності використання всіх видів енергоресурсів. У цілому це викликає необхідність формування СЕМ. Під системою енергетичного менеджменту будемо розуміти частину загальної системи управління, що включає в себе необхідну організаційну структуру, планування діяльності, розподіл відповідальності, а також процедури, процеси і ресурси для розробки, впровадження, оцінки досягнутих результатів і вдосконалення політики, цілей і завдань щодо підвищення ЕВЕР.

4.3 Опис моделі системи енергетичного менеджменту

На даний момент в Україні ще не сформувалися єдині правила і процедури розробки, впровадження та вдосконалення СЕМ. У зв'язку з цим у даній роботі пропонується формувати концепцію побудови СЕМ на підставі принципів управління, закладених в комплексі міжнародних стандартів ДСТУ ISO 9000, ДСТУ ISO 14000 і ДСТУ ISO 19011.

Процеси розробки, впровадження та вдосконалення СЕМ повинні базуватися на наступних принципах: системності, регулярності, відкритості, незалежності, однаковості, документованості.

Якщо розглянути весь цикл впровадження СЕМ промислових об'єктах, то можна виділити ряд характерних етапів, виконання яких є обов'язковим для ефективного функціонування СЕМ. Серед них:

- проведення енергетичного аудиту заводу;
- розробка політики і програми енергозбереження;
- розробка програми енергетичного менеджменту (концепції впровадження СЕМ);
- розробка програм мотивації, інформування та навчання персоналу в галузі енергозбереження;
- навчання персоналу в галузі енергозбереження;
- впровадження системи цільового енергетичного моніторингу;

Модель функціонування СЕМ представлена на рисунку 4.1.

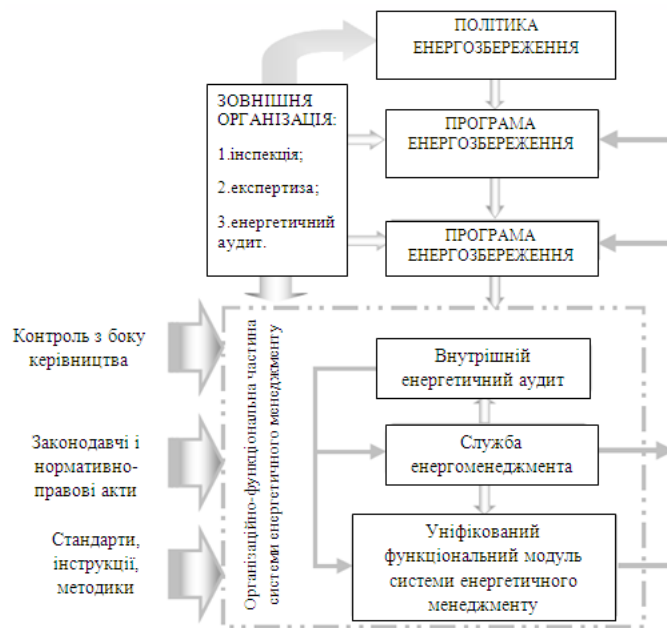


Рисунок 4.1 – Модель функціонування СЕМ

4.5 Організаційна структура служби

Служба енергетичного менеджменту має підпорядковуватися директору заводу.

Керівником служби енергоменеджменту є головний інженер. Він повинен розробляти стратегії енергетичного менеджменту в межах підприємства, проводити моніторинг й оцінку, стимулювання підвищення енергоефективності заводу, керувати фінансовими аспектами постачання і споживання енергії, розглядати різні можливості енергопостачання.

Енергоменеджеру підпорядковується персонал служби в кількості двох чоловік, один із яких займається тепловою частиною, а інший – електричною.

Висновок

В результаті впровадження СЕМ завод має змогу економити електроспоживання, водоспоживання та тепло. Отримувати звіти з споживання, поради щодо покращення умов експлуатації будівлі. Слідкувати за новими технологіями в галузі енергозбереження.

5 СТАРТАП – ПРОЕКТ «ВИРОБНИЦТВО НА БАЗІ «КАНІВСЬКОГО МЕХАНІЧНОГО ЗАВОДУ» МАЛОГО ТРАКТОРА»

Україна є державою з доволі великим аграрним потенціалом. Підтримка малих та середніх фермерських господарств є одним з пріоритетних завдань державної політики.

Сільськогосподарське (с/г) машинобудування в країні базується на потужностях, залишених нам у спадок від СРСР, яких, за часів незалежності, не були належним чином модернізовано для забезпечення сучасних потреб у с/г техніці. Вироблена в Україні техніка значно поступається у якості та асортименті імпортній. А імпортована, не завжди є по кишені українським фермерам.

Законодавством України передбачено відшкодування частини вартості с/г техніки українського виробництва, вітчизняним виробникам с/г продукції

Наведу статтю з «Інформаційно-аналітичного порталу АПК України» (<https://agro.me.gov.ua/ua/pidtrimka/kompensaciya-sg-tehniki>):

Урядова програма здешевлення сільськогосподарської техніки та обладнання вітчизняного виробництва у 2020 році

Нормативно-правові акти

[Постановою Уряду від 19 лютого 2020 року № 109 «Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 8 лютого 2017 року № 77»](#) визначено напрями державної підтримки на 2020 рік, одним із яких є часткова компенсація вартості сільськогосподарської техніки та обладнання вітчизняного виробництва.

Механізм надання підтримки за даним напрямом визначено [постановою Кабінету Міністрів України “Про затвердження Порядку використання коштів, передбачених у](#)

державному бюджеті для часткової компенсації вартості сільськогосподарської техніки та обладнання вітчизняного виробництва (із змінами від 03.03.2020).

Кому видаватимуться кошти?

Одержувачами бюджетних коштів є юридичні особи та фізичні особи - підприємці, основною діяльністю яких є постачання сільськогосподарських товарів (за визначенням, наведеним у [пункті 2.15](#) статті 2 Закону України “Про державну підтримку сільського господарства України”), вироблених ними на власних або орендованих основних засобах, за умови, що питома вага вартості таких сільськогосподарських товарів становить не менше 75 відсотків вартості всіх товарів, поставлених такими юридичними та фізичними особами протягом попередніх 12 послідовних звітних податкових періодів сукупно, а новоутворених сільськогосподарських товаровиробників, які провадять господарську діяльність менш як 12 календарних місяців, - за результатами кожного окремого звітного періоду.

Розмір компенсації

Часткова компенсація надається сільськогосподарським товаровиробникам на безповоротній основі за придбані техніку та обладнання, вартість яких зазначена в актах приймання-передачі та інших документах, що підтверджують оплату через уповноважений банк **у розмірі 25 відсотків вартості** (без урахування податку на додану вартість) - за придбані техніку та обладнання.

Спрямування коштів відбуватиметься через уповноважений банк, що підписав з Мінекономіки Меморандум про загальні засади співробітництва.

Ідея стартап–проекту полягає у виробництві на потужностях «Канівського

механічного заводу» малого колесного трактора.

Інженерами заводу була розроблена власна конструкція, та виготовлено декілька експериментальних одиниць техніки.

У якості силового агрегату, використаний серійний дизельний двигун китайського виробництва **WEIMA WM188FE-S**, потужністю 12 к.с..

Головним агрегатом трактора є гідромеханічний трансмісійний механізм повністю власної розробки. Деталі даного агрегату виготовленими на потужностях заводу.

Особливостями трактора є його компактні розміри та надзвичайна маневреність. Можливість розвертатися на місці, робить його універсальним знаряддям для виконання робіт на обмежених територіях. Це можуть бути як вузькі приміщення тваринних ферм, так рядки між виноградною лозою, та просто, обмежені території фермерських подвір'їв.

Таблиця 5.1 - Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Виробництво малого маневреного трактора на потужностях заводу	Різногалузеве використання малими та середніми фермерськими господарствами	Компенсація державою 25% вартості трактора
		Відсутність аналогів на вітчизняному ринку
		Гарантійне та післягарантійне обслуговування виробником
		Постійна наявність усіх запчастин

Унікальність даного виробу полягає у оригінальній конструкції трансмісійного вузла гібридного гідромеханічного типу, власної розробки, не маючого аналогів

у світі.

На рисунках 5.1 та 5.2 показані етапи розробки та моделювання трактора.

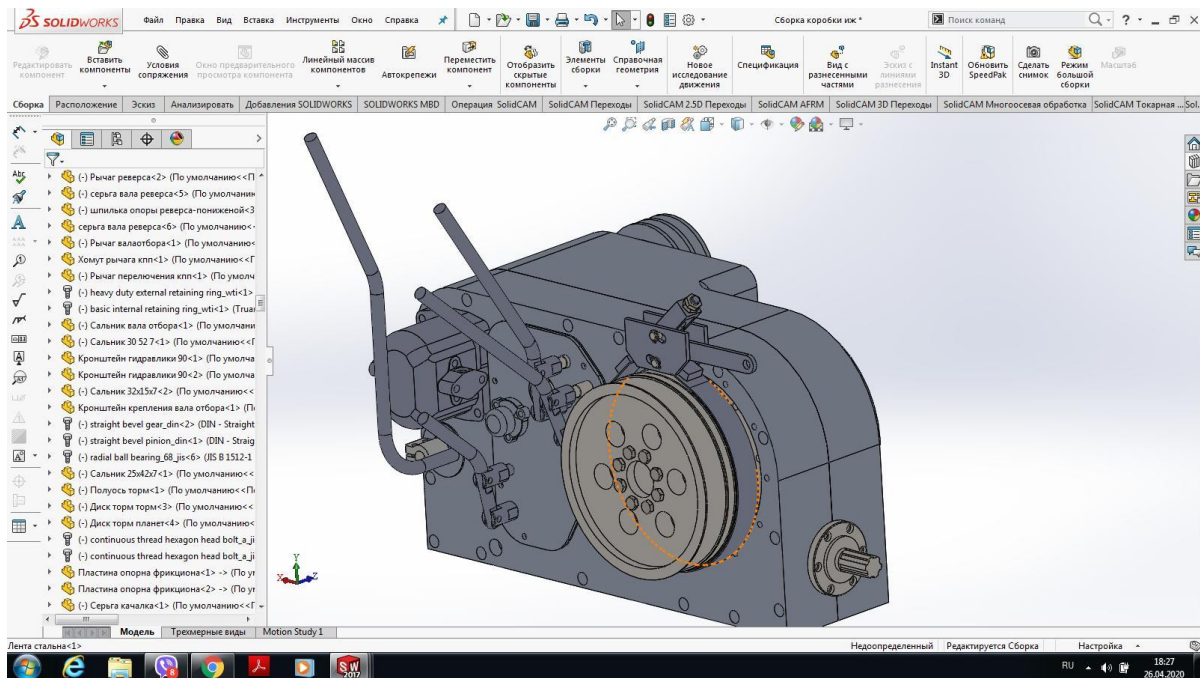


Рисунок 5.1 – Модель трансмісійного вузла на стадії проектування



Рисунок 5.2 – Виготовлення матриці корпусу редуктора

На рисунках 5.3 та 5.4 зображено експериментальний екземпляр трактора



Рисунок 5.3 – Готовий трактор



Рисунок 5.4 – Готовий трактор

Таблиця 5.2 – Форма для проведення SWOT-аналізу

Фактори	Оцінка середовища		Оцінка підприємства	
	Можливості	Загрози	Сильні сторони	Слабкі сторони
1.Залежні від діяльності підприємства:				
1.1. Можливість	Можливість випустити на ринок техніку, аналогів якій не існує ні в технічному, ні в ціновому плані.	Нестабільна економічна обстановка в державі, можливість непрогнозованої інфляції.	Налагоджені виробничі потужності.	
1.2 Інноваційність продукту	Можливість одному з перших ввійти на новий ринок	Загроза не виникнення цього ринку	Орієнтованість на вирішення актуальної проблеми	Відсутність реальних переваг в умовах давно сформованого ринку
2.Незалежні від діяльності підприємства				
2.1.Відсутність державних проектів в даному напрямку на даний момент	Ситуація з виробництвом малої с/г техніки у країні не дає надій на покращення.	Можливість звертання програми відшкодування вартості державою.	Можливість перепрофілювати підприємство на виготовлення будь-якої іншої продукції.	Часткова залежність від рішень держави в цьому напрямку.
2.2 Потреба в кваліфікованих кадрах для нормальної роботи підприємства	Наявність кваліфікованих кадрів	Можливість втрати кадрів, в умовах нестабільного економічного стану країни.	Можливість навчати нові кадри, безпосередньо на виробництві	

Таблиця 5.3 – Матриця SWOT-аналізу

S (strength) – Сильні сторони	W (weaknesses) – Слабкі сторони
1.Універсальність виробу 2.Інноваційність даної техніки 3.Можливість навчати персонал самим. 4.Можливість покращувати та допрацьовувати виріб, у процесі виробництва	1. Часткова залежність від рішень держави в цьому напрямку, а також фактична неможливість припинити на ці рішення
O (opportunities) – Можливості	T (threats) – Загрози
1.Потреба фермерських господарств у такій техніці. 2.Можливість одному з перших ввійти на новий ринок 3. Праця Українських спеціалістів коштує дешевше ніж праця робітників в більш розвинених країнах, що робить продукт більш конкурентним	1.Відсутність гарантій щодо зміни політики субсидіювання. 2.Загроза банкрутства більшості малих та середніх фермерських господарств та поглинання останніх агрохолдингами.

Виробництво пропонується налагодити на вже існуючій матеріальній базі Канівського машинобудівного заводу (КМЗ).

Заробітна плата працівникам 16 000 грн на місяць.

Пропонується розраховувати в середньому на 3 лікарняні на рік для кожного працівника, відшкодування 50% від заробітної платні.

Відпустка 2 рази на рік по 2 тижні з потрійним окладом.

Дані зведено до таблиці 5.4:

Таблиця 5.4. Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, тис. грн.
Прямі матеріальні затрати	
– витрати сировини й матеріалів за винятком повернених відходів	28
– витрати купівельних напівфабрикатів та комплектуючих виробів	420
– витрати палива й енергії	12
– витрати на запасні частини	250
– інші матеріальні витрати	
Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників	
– заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників	160
– премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	50
– оплата відпусток виробничих працівників	25
– інші витрати невідпрацьованого часу виробничих працівників	
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі виробничих працівників	35,2
Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення	
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	
Інші прямі витрати:	
– витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	
– витрати на послуги сторонніх підприємств (охорона, реклама оренда тощо)	
– витрати на оплату комунальних послуг	
– повернення кредитів (інвестицій) та їх обслуговування	
– прямі інші витрати	
Загальновиробничі витрати	
– витрати на управління виробництвом (оплата праці управлінського персоналу всіх підрозділів підприємства разом із ЄСВ до Пенсійного фонду, відряджень тощо)	35
– витрати на основні засоби та нематеріальні активи загальновиробничого призначення	
витрати на вдосконалення технології й організації виробництва	3
– витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водовідведення та інше утримання виробничих приміщень	40
– витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону довкілля	2
– інші загальновиробничі витрати	
Всього капіталовкладень на реалізацію проекту	1060,2 на місяць

Умовно-змінних витрат в виробництві немає.

Таблиця 5.5 - Умовно-постійні витрати підприємства

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис. грн			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1. ФОП	розрахунки	13,51	270	810,6	3242,4
2. Прямі матеріальні витрати		35,5	710	2130	8520
3 . Загальні виробничі витрати		4	80	240	960

Таблиця 5.6 - Обґрунтування собівартості товару (послуги), грн.

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн			
		на одиницю	на місяць	на квартал	на рік
1.Умовно-змінні витрати	відсутні	0	0	0	0
2 Умовно-постійні (накладні) витрати	табл.5.5	53,01	1060,2	3180,6	12722,4
3. Собівартість	стр.1+стр.2	53,01	1060,2	3180,6	12722,4

Таблиця 5.7 - Обґрунтування рівня рентабельності товару

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників.
1. Собівартість одиниці продукції	табл. 5.6	грн.	53010
Обсяг виробництва в рік	Прогноз		20
2. Необхідний прибуток		грн.	554 040
3. Необхідний рівень рентабельності продукції	п.2 / п.1*100%	%	52,3

Таблиця 5.8 - Обґрунтування вартості та ціни

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару	табл. 5.6	грн.	53010
2. Норма рентабельності	табл. 5.7	%	52,3
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 * п.2 / 100%	грн.	27 724
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	грн.	80734
5. ПДВ	п.4*0,2	грн.	16147
6. Відпускна ціна товару (послуги)	п.4+п.5	грн.	96880

Таблиця 5.9 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Малі та середні фермерські господарства	Відсутність аналогів продукції на вітчизняному ринку.	З боку китайських виробників.	За рахунок відшкодування частини вартості державою, відсутність конкуренції з боку вітчизняних виробників

Таблиця 5.10 - Структура бізнес моделі обладнання (технології)

Ключові партнери 1. Держав а	Ключові види діяльності 1. Виробництво трактора	Цінність пропозиції: Впровадженн я нового продукту на ринку	Взаємовідносин и з клієнтами 1. Пряма взаємодія зі споживачем	Споживчі сегменти <ul style="list-style-type: none">Малі та середні фермерс ькі господар ства
	Ключові ресурси 1. Технічне обладнання заводу 2. Інтелектуальн а власність; 3. Фінансові ресурси 4. Людські ресурси		Канали збуту 1. Безпосереднь о споживачам	
Структура собівартості 1. Витрати постійні: 1060,2 тис.грн/міс			Потоки надходження доходу 1. Продаж продукції	

Висновки до розділу

Налагодження виробництва трактора на потужностях заводу дозволить не тільки отримати додатковий прибуток, а й створити робочі місця. Сам виріб, може стати унікальним на ринку, та легко конкуруватиме з імпортними аналогами, за рахунок компенсації покупцеві частини вартості державою.

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської дисертації було проведено енергоаудит заводу. Виробничим об'єктом споживається електрична енергія, теплова енергія та вода централізованого водопостачального підприємства.

Було спроектовано фотоелектричну систему та геліосистему. Проаналізовані наслідки впровадження цих систем.

Розроблено стартап-проект для заводу.

Внаслідок модернізації як будівлі так і енергосистем підприємства, вдалось добитися значних заощаджень. Так, наприклад, встановлення ФЕС дає змогу скоротити споживання електричної енергії на 34,8%, за рахунок її заміщення, виробленою, за рахунок сонячних панелей. У грошовому еквіваленті, економія від впровадження ФЕС, складе 68,8%, по завершенню терміну окупності, через 7 років.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010: Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01].
2. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359.
3. ДСТУ Б А.2.2-12:2015: Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2015. 140 с.
4. ДБН В.2.6-31:2016: Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2016. 31 с.
5. Постанови НКРЕКП від 14.03.2018 №310 «Про затвердження Кодексу системи розподілу»
6. Системи електропостачання [Текст]: Методичні вказівки / О.С. Ярмолюк, В.А. Попов, В.В. Ткаченкою – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 17 с.
7. Сайт тарифів київенерго [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://dtek-kem.com.ua/ru/ee-company/tarifi>
8. Офіційний сайт виробника програмного забезпечення PV*SOL та T*SOL <https://valentin-software.com/en/>
9. Стаття з «Інформаційно-аналітичного порталу АПК України» <https://agro.me.gov.ua/ua/pidtrimka/kompensaciya-sg-tehniki>
10. Постановою Уряду від 19 лютого 2020 року № 109 «Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 8 лютого 2017 року № 77»
11. [Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження Порядку використання коштів, передбачених у державному бюджеті для часткової компенсації вартості сільськогосподарської техніки та обладнання вітчизняного виробництва \(із змінами від 03.03.2020\).](#)

12. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні (EN ISO 13790:2008, IDT).
13. Стартап-проект. Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальностей: 101 «Екологія», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплотехніка», спеціалізацій: «Інженерна екологія та ресурсозбереження», «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв», «Системи електропостачання», «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» «Енергетичний менеджмент та інжиніринг» / П. В. Круш, Н. А. Шевчук, О. І. Андрусь ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні тестові дані (1 файл: 127 КБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 50 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27914>